انتشارات دانشگاه تهران
۳۰

اصول گداز و استخراج فلزات

جلد سوم

متالورژی فلزات صنعتی

دکتر یگانه حایری
استاد دانشکدهٔ فنی

۱۳۲۷

انتشارات دانشگاه تهران
۳۰

اصول گداز و استخراج فلزات

جلد سوم

متالورژی فلزات صنعتی

دکتر یحیی جابری
استاد دانشکدهٔ فنی

۱۳۲۷

فهرست مطالب بخش سوم
فلزات صنعتی بغیر از آهن و پولاد

صفحه

استخراج ـ استخراج نیکل در کشور کانادا پرعیار نمودن مواد معدنی نیکل دار ـ تشویه وگداز مواد اولیه برای ساختن مات نیکل ومس ـ جدانمودن سولفور نیکل ازسولفور مس بطریقه اورفورد ـ تصفیه نیکل بطریقه کاربورنیل یا طریقه موند ـ تصفیه الکتریکی نیکل ـ موارد استعمال .

کبالت ـ خواص فیزیکی و شیمیائی ـ مواد اولیه و سنگهای معدنی ـ اصول استخراج ـ گداز در کوره بلند ـ تشویه اشپایس ـ سولفاته نمودن مواد تشویه شده ـ رسوب دادن واحیاء اکسید کبالت ـ موارد استعمال ـ

فصل سی‌ام

وانادیوم ـ تانگستن ـ ملبدنم ـ یورانیوم

وانادیوم ـ طرز بوجود آمدن ومواد معدنی آن ـ اصول استخراج وانادیوم فلزی ـ فروونادیوم ـ موارد استعمال .

تانگستن ـ مواد اولیه و معدنی ـ خواص عمومی ـ اصول استخراج ـ موارد استعمال .

ملبدنم ـ مواد اولیه معدنی ـ اصول استخراج ـ موارد استعمال .

یورانیوم ـ مواد اولیه معدنی ـ اصول استخراج ـ موارد استعمال

بخش سوم

فلزات صنعتی بغیر از آهن و پولاد

فصل پنجم

مس

مقدمه ـ نظر باینکه مس مانند طلا ونقره در بعضی نقاط زمین بحالت آزاد طبیعی بدست میآید لذا آنرا از جمله فلزات معدودی بشمار میبرند که انسان اولیه بوجود آنها مطلع وآگاه بوده است. استخراج مس از مواد اولیه معدنی چه بحالت اکسید وچه بحالت کربنات ودرآوردن آن باشکال مختلف کار نسبتاً سهل وآسانی بوده واز این لحاظ مخصوصاً همبسته آن با قلع یعنی مفرغ (برنز)مورد استفاده قرار گرفته است . بطوریکه در تاریخ به ثبت رسیده درتعاقب عصرحجر عصر برنز [۱] آمده است زیرا در طی این مدت بشر توانست از فلزات زود گداز وسهل الحصول بنفع خود استفاده نماید و از آنها اسباب و آلات حفاری و ادوات جنگی بسازد . گفته شده است که یهودیهای قدیم مس را باسم مهوشت Mehosheth ویونانیها باسم کالکوس Chalcos ورومیها باسم آیس Aes میشناختند ومورد استفاده قرار میدادند.

چون در آن زمان قسمت عمده مس از جزیره قبرس واقع در مدیترانه شرقی استخراج میگردید و به شهر رم فرستاده میشد لذا رومیها رفته رفته این فلز را باسم آیس سیپریوم Aes cyprium نامیدند . بمرور زمان کلمه آیس Aes از بین رفت وواژه سیپریوم Cyprium باقی ماند و امروز در زبان انگلیسی بشکل Copper ودر فرانسه به Cuivre ودر آلمانی به Kupfer تغییر شکل یافته ومصطلح و ورایج گشته است.

مصریهای قدیم آشنائی کامل به فلز مس و خواص مفیدان داشتندو بعلاوه طرق وروشهای مختلفی جهت استخراج و گدازان از مواد اولیه ومعدنی وضع کرده بودند که دنیای متمدن امروزی با نها عالم وآگاه نیست!

۱ـ Bronze

میگویند مصریها قادر بر این بودند که بطریقـی مس فلزیرا آنقدرسخـت و برنده سازند که از آن ساختن تیغ‌های نازك ولبه‌های باریك وبرنده امکان داشت و بجای چاقو واره و افزار برش بکار میرفت . ساختن ودرآوردن مس باین‌درجه سختی وبرنده‌گی‌امروزه ممکن نبوده و«فوت کاسه‌گری» آن به دنیای صنعت مجهول است .

خواص‌فیزیکی ـ مس یکی از جمله عناصر فلزیست که در قشر زمین بحالت آزاد یافت میشود و توده های ممتد ووسیع آن در ایالت‌میشیگان درنواحی‌دریاچه سوپی ریور Superior ودرکشور بولیوی وچین و بمیزان کمتری در ایـران پیدا میشود . مس خالص در ۱۸۰۳ درجه سانتی‌گراد گداخته‌شده ودر ۲۳۰۰ درجه‌بغلیان در میاید. وزن مخصوص مس بسیار خالص ۸/۹۵ ولی‌نوع تجارتی آن بین ۸/۲ ـ ۸/۸ میباشد .

بعد از نقره ، مس خالص، بهترین وعالی ترین هادی نیروی الکتریسته‌بوده‌ولی اندك‌وجود عناصر دیگر بشکل ناخالصی‌ازقبیل‌ارسنیاك وآنتی‌موان‌این‌خاصیت راپائین آورده و بر مقاومت الکتریکی میافزاید ، از این جهت مسیکه برای استفاده از این خاصیت مورد استعمال قرار میگیرد باید صد درصد خالص باشد .

خواص‌چکش خواری و تورق‌ومفتول شدن در مس خالص‌بدرجه اعلا موجود است وممکن است آنرا بسهولت تحت عملیات میکانیکی مربوطه قرار داد وبصورت های مختلف در آورد . بطور کلی خواص فیزیکی مس به‌دو دسته تقسیم میشوند که عبارتند از :

۱ ـ خواص الکتریکی ۲ ـ خواص‌میکانیکی و البته این دو خاصیت‌رانمیتوان در آن‌واحد ازیك قطعه مس در درجه اعلا توقع داشت‌زیرا وجودبعضی‌از ناخالصیها که در ایجاد و تقویت یك خاصیت مفید هستند در آن واحدبرای خاصیت‌دیگر‌مضر و زیان بخش میباشد . مثلا مقدار بسیار کمی ازعنصر بیزموث Bismuth در مس چندان تأثیری در خواص الکتریکی آن‌ندارد ولی برای خواص میکانیکی بی‌اندازه خطرناك میباشد . از طرفی دیگر مقادیر جزئی از اکسید مس Cu_2O که در مس خـالص حل میشود برای خاصیت چکشخواری بسیار مفید ولی اگر مقدار آن

از ۰/٤٠/۰ تجاوز کند مس خالص را بسیار شکننده و ترد میسازد وقابلیت نورد کردن آنرا از بین می برد و دیگر امکان ندارد مس را بشکل ورق یا صفحه در آورد. مقاومت مس در برابر نیروی کشش با مقادیر جزئی از ارسنیك وانتی موان بیشتر میشود ولی عناصری مانند بیزموت ـ تلوریم و گوگرد در اندازه های کم ومعین، از این مقاومت میکاهند و آنرا ضعیف میسازند. در موقع ریختن، مقداری اکسیژن در مس گداخته محبوس میشود ولی پس از انجماد،قطعات ریخته شده را سوراخ دار و متخلخل میسازد واز درجه هدایت الکتریکی آنها میکاهد . حال اگر در موقع ویاقبل از ریختن مس در قالب مقدار کمی عنصر بورون Boron بدان اضافه شود تمام نواقص نامبرده مرتفع میگردد .

خواص شیمیائی ـ درتقسیم بندی عناصر برحسب قانون «تناوب» عنصر مس در دسته طلا و نقره قرار گرفته است زیرا مهمترین صفات مختصه ایندسته این است که در درجات معمولی گرما ،هوای مرطوب وخشك در آنها اثر نمیکند وبطوریکه گفته شد هر سه عنصر بحالت آزاد طبیعی در قشر زمین یافت میشوند .

درهوای مرطوب ودرمجاورت اسید کاربنیك CO_2 سطح اشیاء مسی از یك لایه نازك سبز رنگی که از کربنات مس تشکیل شده پوشیده میگردد و باصطلاح زنگ میزند . علامت شیمیائی مس Cu وازواژه لاتینی Cupris مشتق گردیده . وزن اتمی آن ٦٣/٦ واز عناصر دو والانسی میباشد . اگر مس را گرما دهند، در ۱۸٥ درجه سانتی گراد شروع باکسیده شدن میکند. در ۲۰۰ درجه برنگ گلی ودر ۳۰۰ درجه برنگ سبز مایل بآبی وددرجات بالا تر برنگ سیاه درمیآید. در گرمای سرخ سطح آن از یك غشاء وفلس های باریکی از CuO و Cu_2O پوشیده میشود ولی فلسهای نامبرده را میتوان بوسیله تاکردن و آب دادن از بین برد .

مس بسهولت در اسید ازوتیك HNO_3 متوسط ؛ در تیزاب سلطانی ودراسید سولفوریك جوشان حل میشود و املاح مربوطه را میسازد ؛ در اسید کلریدریك رقیق در مجاورت هوا و در امونیاك در مجاورت هوا ودر سیانور پتاسیم حل میگردد والبته اسید سولفورو HSO_3 مس رابتدریج مبدل به سولفور مینماید

مواد اولیه وسنگهای معدنی

سنگهای معدنی مس در اغلب نقاط زمین ودر بسیاری ازممالك یافت و استخراج میگردند ولی نوع و کمیت وفراوانی وعوامل دیگر آنها فرق میکند. مس بعد از آهن وپولاد از مهمترین فلزات صنعتی بشمار میرود .

کلیتا مواد اولیه مس را به سه دسته بزرگ تقسیم نموده اند :

۱ ـ سنگهای معدنی طبیعی ـ ۲ ـ سنگهای معدنی اکسیده ـ ۳ ـ سنگهای معدنی سولفور

۱ ـ **مس طبیعی** ـ عنصر مس بحالت آزاد طبیعی در تودههای بزرگ ویا بشکل ذرات پراکنده در سنگهای آذری (آتشفشانی) درقشر زمین بوجود آمده است. رنك آن قرمز وشباهت زیادی بگوشت کهنه وخشك شده دارد . این نوع مس چندان زیاد نیست ودر همه جا عمومیت ندارد ؛ فقط در بعضی نقاط مانند نواحی شمالی دریاچه سوپی ریور Lake Supirior در ایالات متحده امریکا ودر کشور بولیوی وشیلی در امریکای جنوبی ؛ در کشور چین ودر ایران در ناحیه انارك یافت شده و استخراج میگردد. اگر مس آزادطبیعی بشکل توده و ضخیم باشد بیش از ۹۲٪ مس خالص وبقیه آن سیلیس ومواد خاکی بوده واگر بشکل ذرات پراکنده باشد مقدار مس دریاك نمونه در حدود ۱ ـ ۱/۵ ٪ میباشد ولی آنرا میتوان بآسانی باوسایل شست وشو پرعیار نموده و موادخاکی آنرا برطرف ساخت . اگر مقدار آن کافی باشد مستقیماً در کوره گداخته ودر دمرحله مبدل بهمس خالص مینمایند ولی اگر مقدار آن کافی نباشد آنرا با مواد اکسیده و یا سولفور مخلوط کرده وباهم درکوره میگذارند .

۲ ـ **سنگهای معدنی اکسیده** ـ اکسیدهای معدنی مس درقشر زمین بیشتر نزدیك بسطح پیدامیشوند ودر نتیجه تغییرات جوی وفعل و انفعالات بطئی شیمیائی که در قسمت سولفور رگهٔ مس صورت میگیرد مواد اکسیده بوجود آمده اند. آبهای طبیعی که تا اندازه CO_2 در بردارند برروی سولفورهای مس اثر کرده وبتدریج آنها را مبدل به کربنات طبیعی ـ اکسید وسولفات و گاهی اوقات سیلیکات مینمایند . اگر رگهٔ مس نزدیك بسطح زمین باشد میتوان یقین داشت که از سطح زمین تا صد متر عمق

ازمواد اکسیده و کربنات مس تشکیل شده است ومواد سولفوره پائین تر ودر عمق بیشتری قرار گرفته اند . مهمترین اکسیدهای طبیعی مس عبارتند از :

جدول (۳۳)

اسم کانی شناسی سنگ معدنی		ترکیب شیمیائی	مقدار درصد مس محتوی
ازوریت	Azurite	$2Cuco_3. Cu(oh)_2$	٪۵۵/۱۰
مالاکیت	Malachite	$Cuco_3. Cu(oh)_2$	٪۵۷/۲۷
کریزوکولا	Chrysocola	$Cusio_3. 2h_2o$	٪۳۶/۰۶
کوپریت	Cuprite	Cu_2o	٪۸۸/۸۰
ملاکونیت	Melaconite	Cuo	٪۷۹/۸۴
بروکانتیت	Brocantite	$Cuso_4. 3Cu(oh)_2$	٪۶۲/۴۲
اتاکامیت	Atacamite	$Cu(oh)cl.Cu(oh)_2$	٪۹۵/۴۵
کالکانتیت	Chalcanthite	$Cuso_4. 5h_2o$	٪۲۵/۴۰

چون اغلب مواد نامبرده نزدیك بسطح زمین پیدامیشوند و چون نسبةً زود گداز هستند لذا میتوان آنهارا به سهولت باگرمای احتراق زغال چوب وکربن آن احیاء نمود ومس فلزیرا بدست آورد. این اصل مورد استفاده نیاکان ما قرار گرفته و تمام مس ایام باستانی را از این مواد معدنی استخراج میکردند و آنچه که گوگرد داشت وسخت گداز بود بحال خودباقی میگذاشتند .

۳ ـ **سنگهای سولفوره** ـ مهمترین مواد اولیه مس که قسمت معظم آنکه ۹۵٪ مس محصول سالیانه دنیا را میدهد مواد سولفوره میباشند زیرا نظر بسهولت استخراج مواد اکسیده زود تر بهره برداری شده وکم وبیش تمام شده اند وچون معادن مس فعلاً بیشتر درعمق کارمیکنند اغلب مواد اولیه بصورت سولفوره میباشند. واضح است که استخراج مس از اینگونه مواد خالی از اشکال نبوده زیرا اغلب، عناصر دیگری بهمراه دارند که باید بطریقی آنهارا از بین برد و برطرف ساخت تااینکه دخالتی در عملیات گداز نداشته باشند. مهمترین مواد گوگرد دار مس عبارتند از :

جدول (۳۴)

اسم کانی‌شناسی مواد سولفوره		ترکیب شیمیائی	مقدار درصد مس محتو
کالکوپیریت	Chalcopyrite	$CuFeS_2$	٪۳۴/۵
کالکوزیت	Chalcosite	Cu_2S	٪۷۹/۸
کوولیت	Covellite	CuS	٪۶۶/۵
بورنیت	Bournite	Cu_5FeS_4	٪۶۳/۳
انارژیت	Enargite	$3\,Cu_2S.\ 2\,As_2S_3$	٪۴۸/–
تترا ادریت	Tetrahedrite	CubS8 2 S7	٪۵۲/۶
تنانیت	Tennanite	Aus As2 S7	٪۵۷/–

آرایش مواد اولیه مس ـ معمولا در یك ناحیهٔ مس خیز که مس بشکل رگه های متنوع و یا توده در آمده است اغلب اتفاق میافتد که چندین نوع سنگ معدنی باهم وجود داشته باشند و بعلاوه عناصر فلزی دیگری از قبیل سرب، روی و آهن و گاهی اوقات طلا و نقره نیز موجودند. در قسمتی از رگه که نزدیك بسطح زمین است مواد اکسیده و کربنات وجود خواهند داشت و از این لحاظ بود که انسان اولیه و نیاکان ما از مس این قسمت استفاده میکردند ولی چون با آلات وادوات حفاری و سنك شکنهای امروزی مجهز نبودند لذا موادیکه در عمق بود دست نزده، بمعدن دیگری رفته و در جستجوی منابع دیگری بر میآمدند.

در ممالکی که هنوز صنایع بسط و توسعه پیدا نکرده و از منابع طبیعی زیر زمینی آنطور که باید استفاده نشده و مورد هجوم و حمله سندیکاها و شرکتهای استخراج کننده واقع نشده اند معادنی موجود است که مانند میوه «سرسبد» بوده و در محتوی مس کم و بیش غنی میباشند؛ یعنی میتوان سنگهای معدنی بدست آورد که بطور متوسط محتوی ۱۲/۶ ٪ مس باشند. البته آرایش اینگونه مواد غنی بسیار سهل و آسان است زیرا با اندك تقسیم بندی و سنك جوری بدرجه یك و دو و سه، خوب را از بد جدا کرده و آنها را مستقیماً در کوره بلند و اترژاکت که شرح آن قریباً داده خواهد شد گداخته، و مس آنها را استخراج کرده و بعداً بر حسب تقاضا تصفیه میکنند. اما در کشورهائیکه کاملا صنعتی میباشند و نیازمندی مبرمی به این قبیل مواد اولیه دارند و بخصوص در

این نیم قرن اخیر که منتهای درجه استفاده ازمنابع طبیعی چه سطحی و چه تحت‌الارضی شده ، دیگر موادیکه بدست میآیند چندان در محتوی مس غنی نبوده و بعلاوه مخلوط با عناصر دیگری میباشند که جدا کردن آنها فقط بوسیله سنگ جوری و شکاندن ممکن نخواهد بود. امروز در کشورهای متحده امریکا ، سنگ معدنی که ۱ ٪ مس دارد کاملا قابل استخراج و بهره برداری بوده و مورد استفاده واقع میگردد و برای اینکه بتوان ازاینگونه مواد فقیر بوجه احسن استفاده نمود آنها را طبق اصول فنی و اقتصادی اولا از معدن بیرون آورده و بعداً آرایش و تهیه مینمایند

وسایل آرایش عبارت است از شکاندن و شستن مواد در روی میزها و دستگاه جیگهای مختلف و بالاخره بوسیله دستگاه فلوتاسیون که شرح مفصل آن در جلد اول (فصل هشتم) داده شده است و در این جا دیگر لازم بتکرار نیست .

در نتیجه این عملیات قسمت معظم مواد خاکی و بیفایده از بین رفته و بمیزان محتوی فلزی افزوده میگردد، یعنی موادیکه بطور متوسط در حدود ۱ ٪ مس داشته پس از خاتمه عملیات آرایش و تهیه محتوی ۳۰ ـ ۵۰ ٪ مس خواهند شد . حال میتوان اینگونه مواد غنی شده را در کوره شعلهٔ گداخته و تبدیل بمس خالص نمود .

اثرات ناخالصیها در مس

ترکیب مس خالص بازرگانی و صنعتی از اینقرار است :

مس ۹۹/۴۴ ـ ۹۹/۸۸۳ ٪ ؛ نقره ۰/۰۰۲ ـ ۰/۰۱ ٪ ؛ سرب از صفر ـ ۰/۰۰۷۲ ٪ ؛ بیزموت از صفر ـ ۰/۰۱ ٪ ؛ ارسنیاک ۰/۰۰۱ ـ ۰/۰۲ ٪ ؛ آنتی موان ۰/۰۰۰۶ ـ ۰/۰۰۵ ٪ ؛ آهن ۰/۰۰۲۸ ـ ۰/۰۳۸ ٪ ، گوگرد ۰/۰۰۱۶ ـ ۰/۰۰۲ ٪ ؛ اکسیژن ۰/۰۰۲ ـ ۰/۰۸۸ ٪

بطوریکه ملاحظه میشود اضافه بر Cu_2O مس خالص محتوی یکعده از عناصر فلزی بشکل ناخالصی بوده که هرقدر مقادیر آنها کم و جزئی باشند معذلک در مواردی در بعضی از خواص فیزیکی و میکانیکی مس تأثیر بسزائی دارند و اینک به شرح آنها می پردازیم .

۱ ـ اکسیژن ـ اکسیژن در مس غیر قابل حل است ولی اکسیژن در مس بصورت Cu_2O وجود دارد و این تنها اکسیدی است که تا درجه گداز مس پایدار و [illegible]

میماند مس خالص میتواند تا ۶٪ (Cu_2O) در برداشته باشد ولی وقتیکه مقدار آن در مس از ۰/۴۵٪ تجاوز کند آنگاه مس را شکننده کرده و از حیز انتفاع ساقط میسازد .

۲ ـ سرب ـ مقدارسربیکه معمولا در مس‌های خالص تجارتی موجود است چندان نیست که تأثیری در خواص مس بدهد؛ مثلا تا ۰/۱۵٪ ،سرباثرات خو درا روی نیروی کشش وخواص چکش خواری نشان نمیدهد ولی اگر مس محتوی اکسیژن بشکل (Cu_2O) نباشد آنوقت اثرات سرب حتی بمقدار کمتر از ۰/۰۰۵٪ نیز محسوس میگردد .

۳ ـ بیزموت ـ این عنصر از موذی ترین وخطرناك ترین ناخالصیهابشمارمیرود زیرا مقدار آن حتی اگر از ۰/۰۰۲۵٪ تجاوز کند مس را بکلی‌شکننده‌و تردمیسازد ودیگر نمیتوان آنرا تحت عملیات نوردگرم قرار داد .
وجود ارسنیك وانتی‌موان‌تا اندازهٔ از اثرات سوءعنصر بیزموت‌میکاهد .

۴ ـ آهن ـ درمس تجارتی‌آهن همیشه وجود دارد ولی ضرری‌بجائی‌نمیرساند واکر مقدار آن زیادشود البته مس را شکننده و سخت میکند .

۵ ـ آرسنیك ـ این عنصر تاحد ۰/۴٪ اثرات سوئی بر روی خواص میکانیکی ندارد ولی تا اندازهٔ از هدایت الکتریکی مس میکاهد . مقدار قابل قبول این عنصر ۰/۰۶٪ است .

۶ ـ آنتی موان ـ اثرات آنتی‌موان شباهت زیادی به اثرات ارسنیك دارد و ومقدار آن‌در مس‌خالص درحدود ۰/۰۰۵٪ است

ناخالصیهای دیگر از قبیل گوگرد ـ قلع وروی نبایددرمس خالص وجودداشته باشند. البته گاهی‌اوقات‌فسفر را عمداً بمس‌اضافه‌میکنند که خاصیت ریختن‌مس گداختهٔ را در قالب ها بهتر کند .

اصول استخراج مس

مس را میتوان از مواد اولیه وسنگهای معدنی بطریق خشك،یعنی گرما دادن وگداختن ویا بطریق تر،یعنی حل‌کردن مس در حلال های مختلف جدا و استخراج

نمود . در طریقه اولی کلیه مواد مس دار را در کورهٔ چه بلند و چه شعلهٔ (رودبر) بامقداری مواد گداز آور مخلوط کرده و بوسیله کاك یا سوخت دیگری گرما داده تا اینکه مواد گداخته شوند وتشکیل فلز مایع ناخالصی بدهند ، سپس در مراحل مختلفه مقدار مس محتویرا زیاد نموده تا انکه بالاخره مس تصفیه شده ۹۹ در صد بدست آید .

امروز متجاوز از ۹۰ ٪ محصول مس دنیا از این راه که در اصطلاح گداز فلزات موسوم به پیرومتاللوژی Pyrometallurgy است بدست میآید. این طریقه برحسب خواص فیزیکی وشیمیائی مواد اولیه وطرز آرایش و تهیه آنها برای عملیات گداز تغییر میکند . اگر مواد اولیه مس بیشتر از اکسید و کربنات و یا مس آزاد طبیعی تشکیل شده باشند و در مقدار محتوی مس نسبتاً غنی باشند . آنها را با مواد گداز آور مخلوط کرده در کوره بلندی موسوم به واتر ژاکت [1] با کاك احیاء نموده و یك مس ناخالصی موسوم به «مس سیاه» نتیجه میشود .

از احتراق کاك، گرمای لازم بوجود میآید وفعل وانفعالات شیمیائی بین مواد اولیه مس ومواد گداز آور وخاکستر و کربن کک صورت میگیرد .مواد گداز آور باآهن واکسیدهای قلیائی وخاکی که در «گانگ» مواد اولیه موجوداند ترکیب شده تولید سرباره میکنند .کربن کاك بااکسیددوکربن، اکسید های مس را احیاء کرده ومس گداخته از سرباره نظر به اختلاف وزن مخصوصی که بین آنها موجود است به آسانی جدامیگردد. اگرمواد اولیه بیشتر ازسنگهای سولفور تشکیل شده باشندمیتوان آنها رابطرز بالادر کوره بلنداحیاءنمودولی بایدرویه دیگری رااتخاذ نمود . دراین مورد بار کوره ازمواد اولیه مس تشویه شده ویا تشویه نشده ومقداری مواد گداز آور و کک تشکیل میشود .مانندبالا گرمای لازم جهت فعل وانفعالات شیمیائی ازاحتراق کک حاصل میشود. ولی قسمتی از گوگرد موجود بصورت گاز SO_2 درآمده ویك گرمای اضافی نیز تولید میکند که در مواردی ممکن است از مصرف کلی کک کم کرد ودرعوض از احتراق گوگرد استفادهٔ نمود . بالاخره در نتیجه ازدیاد درجه گرما ، سولفور مس با سولفور آهن در یکدیگر حل شده و باهم ترکیبی میسازند که موسوم به «مت»

---

۱ – water – Jacket

(Matte) است و مات درسر باره گداخته غیر قابـل حـل است وچـون دارای وزن مخصوص بیشتری میباشد همیشه در زیر سر باره قرارمیگیرد .

بعداً مات را از کوره بیرون آورده ودر دستگاه تبدیل کننده تبدیل به «مس سیاه یا«مس جوش دار»کرده وسپس در مرحله سوم آنرا تصفیه کرده ومس خالص بدست میآورند .

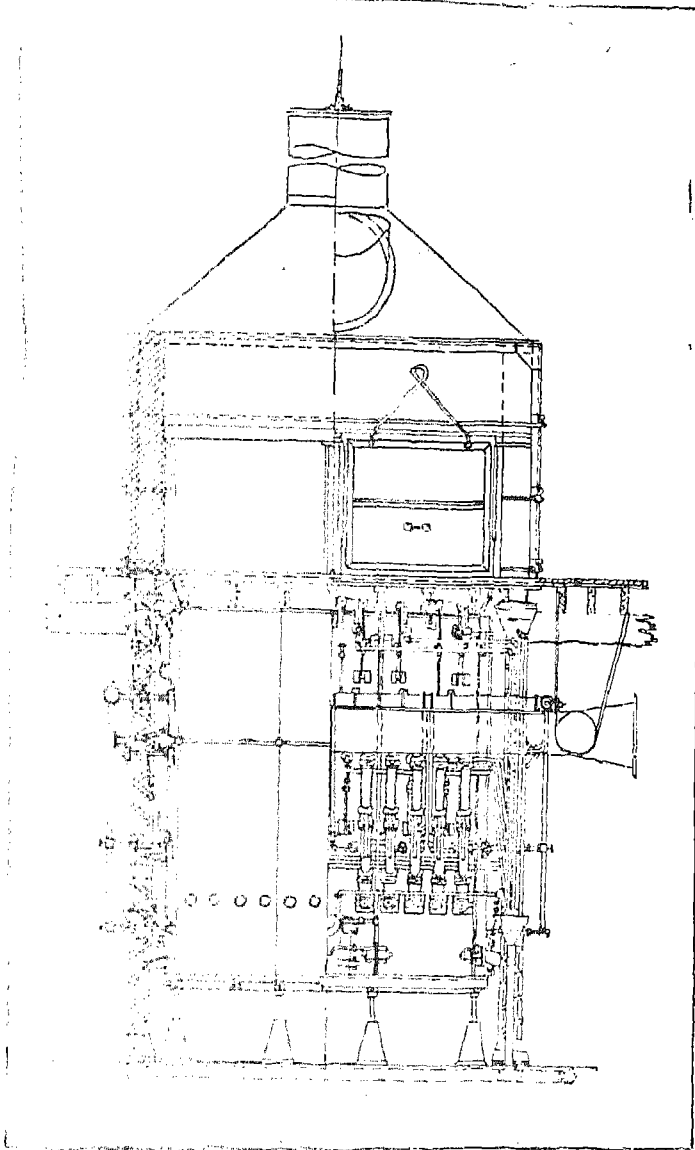
درطریقه دومی که در اصطلاح گداز فلزات به Hydrometallurgy نامیده شده است ، مواد اولیه مس را در محلول رقیق یکی از حلالهای معروف از قبیل اسید سولفوریك ، اسید کلریدریک ، سولفات آهن $Fe_2(SO_4)_3$ ودر آب حل کرده وبعداً مواد غیر قابل حل را بوسیله صافیهای میکانیکـی بر طـرف نموده ومحلـول مس را بوسیله تجزیه الکتریکی ویا شیمیـائیمترسب ساخته و مبدل به مس خالص مینمایند.

گداز مواد اولیه اکسید و کربنات ـ گداختن مواد اولیه مس که اغلب از اکسید وکربنات تشکیل شده اند عملی است بسی ساده و آسان ، زیرا مواد مزبور را با مقداری مواد گداز آورو کک مخلوط کرده ودر کوره بلند و اترژاکت گداخته و تبدیل به«مس سیاه» نمود . درکوره بلند ، اکسید مس بوسیله کربن کک طبق روابط زیر احیاء شده ومس آزاد میگردد

$$2Cu_2O+C = 4Cu+CO_2$$
$$Cu_2O+CO = 2Cu+CO_2$$

مواد کربناتی که بحالت مالاکیت و یا ازوریت میباشند درقسمتهای فوقانی کوره بلند تکلیس شده، اسید کربنیك CO_2 خودرا از دست داده وبشکل اکسید مس درمیآیند سپس در قسمت اصلی کوره بر حسب فعل و انفعالات بالا مبدل به مس آزاد میشوند . قسمت خاکی یعنی «گانگ »مواد اولیه اگرسیلیسی باشدبااکسید آهن FeO واکسید آهك CaO در آمیزش شیمیائی درآمده تولیدسیلیکات آهك وآهن کردهوبصورت سربارهٔ روی مس گداخته شناورمیگردد .

در بوته کوره بلند سر باره گداخته همیشه روی مس قرارمیگیرد. درهرفاصله چند ساعت یا چنددقیقه برحسب ظرفیت کوره مس گداخته راازمنفذ خروجی معینی

خارج کرده ودر قالب شمش میریزند وبعداً بتصفیه خانه میفرستند در مواردی اگر مشتری داشته باشد بهمان وضعیت نا خالص در بازارهای فلزی بفروش میرسانند.

شکل (١٦٠) کوره واتر ژاکت بزرگ که در استخراج مس بکار میرود

چون امروزه در اغلب ممالك مس‌خیز ، بیشتر مس در معادن بصورت سولفور مس استخراج میشود، لذا آنچه اکسید و کربنات‌موجودباشدباسولفورمخلوط کرده و باهم میگدازندولی در کنگوی بلژیك در ناحیه‌کاتانگا(Katanga)که‌دارای‌توده های‌عظیم‌مس بحالت کربنات‌است آنهارا مستقیماً‌درکوره‌های بلندذوب‌میکنند.البته‌در این نوع کوره‌های بزرگ ، منفذ خروجی سرباره همیشه بازاست ومس‌فلزی «سیاه» را از منفذ پائین تری از بوته کوره خارج کرده ودر قالبهای شمش میریزند .

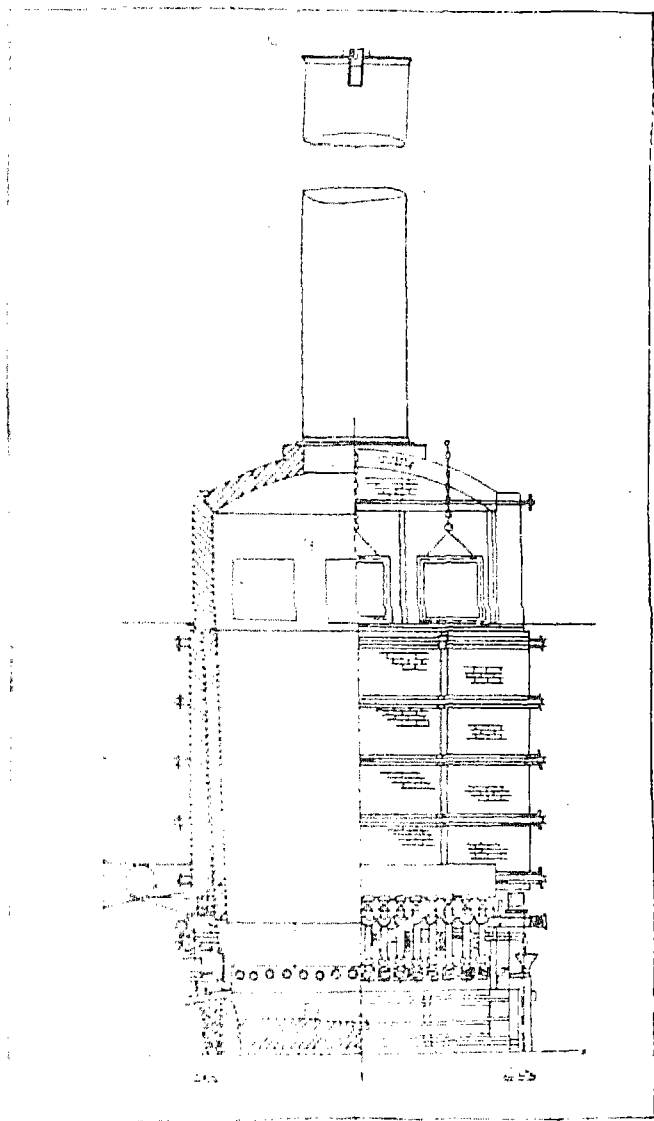
کوره‌واترژاکت—درایام قدیمه مواد اولیه مس‌را که غالباً اکسید یاکربنات بود در گودالی ریخته و با احتراق زغال چوب احیاء مینمودند ودستگاه گداز چیزی بیش از یك گودال و نفخ دستی نبود . برای اینکه ظرفیت کوره و کشش هوای آنرا بهتر کنند، روی گودال مزبوریك‌دودکش‌آجری‌ساختندوگودال‌رابزرگتر نمودند بعداً بتدریج‌هر قدر مواد اولیه سخت‌گدازترمیشد ارتفاع کوره را زیاد میکردند ودستگاه نفخ دستی را بزرگتر مینمودند ، رفته رفته کوره بشکل کوره‌اولیه گدازآهن درآمد یعنی‌ازیك ساختمان استوانهٔ آجری که در قاعده آن‌منافذ خروج‌مواد گداخته‌ساخته شده بود تشکیل میشد . این‌کوره دواشکال تولید میکرد:یکی‌اینکه‌جدار درونی آن مخصوصاً در منطقه پر حرارت زود از بین میرفت وخراب میشد دوم‌اینکه مس آزاد شده باسرباره طوری مخلوط میگردید که جداکردن آنها حتی پس از انجماد بسیار دشوار بودوبدین جهت مقداری مس‌همیشه بهدرمیرفت ودر سرباره مفقودمیگردید .

پس ازاختراع کوره و اترژاکت که اینك بشرح آن میپردازیم این دو نقیصه بدین ترتیب مرتفع گردید .

اول اینکه تمام و یاکه قسمت معظم ساختمان کوره بلند واترژاکت از صفحات کلفت پولادی ساخته میشود ودرون آن از آجرهای نسوز پوشیده میگردد . قسمت شکم‌کوره که بالا فاصله روی لوله‌های دم میباشد از ژاکت Jacket یعنی صفحات آهن دولائی‌وتوخالی‌شبیه به کیسه آب‌گرم‌ساخته شده است بقسمیکه درحین‌کارآب سرد در درون‌آن دائماً درجریان‌است تا اینکه‌سطوح درونی که‌تماس باموادگداخته دارند زیاده از حد گرم نشده وسرباره های خورنده وتباه‌کننده بر روی آنها چندان

اثرات سوئی وارد نسازند

دوم اینکه بوسیله قرار دادن یک تشت بزرگ در خارج کوره و ریختن مس گداخته وسرباره در آن، عمل جداشدن مس ازسرباره بهتر صورت میگیرد

کوره واتر ژاکت Water - Jacket امروزی که عیناً شباهت به کوره باشد

شکل (۱۶۱) یک کوره دیگر واتر ژاکت

ذوب آهن رادارد از سه قسمت اصلی تشکیل میگردد و آنها عبارتنداز :
۱ - بوته ۲ - شکم ۳ - سینه و بدنه باضافه دودکش .

اختلافی که این کوره با کوره بلندگداز آهن دارد اولا درشکل ساختمانی آن میباشد زیرا مقطع این کوره اغلب بشکل مربع مستطیل است و فقط در کوره های بسیار کوچك دایرهٔ شکل میباشد .

ثانیاً قسمت شکم و مقداری از بدنه اصلی کوره از صفحات آهن دولائی تو خالی ساخته شده که آب سرد در آنها دائما جریان دارد و بدینوسیله از شدت گرما کاسته و بر عمر آنها میافزاید ؛ این قسمت را باصطلاح « ژاکت »مینامند

بوته کوره از چندین صفحات چدنی موج دار و ضخیم ساخته شده که یا مستقیماً روی اساس بتون مسلح قرار گرفته و یا مانند شکل (۱۶۰) بوسیله ستون و تیرهای آهنی استوار گردیده است . داخل بوته از آجرهای نسوز سیلیسی درجه اعلا و یا گاهی اوقات از آجرهای کرومیت پوشیده است . در جدار طرفین آن دو منفذ یکی برای اخراج سرباره و دومی ، قدری پائین تر ، برای اخراج مات تعبیه گردیده . بلافاصله روی بوته ، قسمت شکم و بدنه استوانهٔ و یا مکعب مستطیل شکلی ساخته شده است . عرض قسمت شکم محدود به نفوذ باد دم بوده و بین ۰/۷۵ـ۱/۴ متر تغییر می کند ولی در عوض طول آن بین ۳/۵ـ۱۵ متر می باشد و در کوره های بسیار بزرگ شرکت اناکوندا (Anaconda) در ایالات متحده امریکا به ۲۶ متر میرسد .

معمولا این قسمت کوره را در چند ردیف از صفحات پولادی دولائی موسوم به ژاکت طوری می سازند که آب خنك بتواند در درون آنها درجریان باشد . صفحات درونی که مستقیماً تماس با مواد گداخته در کوره دارند قدری کلفت تر از صفحات بیرونی میباشند وازاینجهت نیازی به پوشش نسوز ندارند؛ زیرا موقعی که کوره براه افتاده وکارمی کند، گرمای پرتوئی باعث می گردد که روی سطوح درونی آنها یك قشر نازکی بوجود آید . قشر مزبور ، این قسمت را از گرما و اثرات خورنده سرباره ها مصون نگاه می دارد .

لوله های منفذ باد به قسمت تحتانی ژاکت متصل و از درون آنها باد دم

بدرون کوره دمیده میشود . در کورههای بسیار بزرگ چندردیف ژاکت روی یکدیگر میگذارندو آنهارا بوسیله تیرهای آهن بسته ومحکم میسازند. عمارتیکه در آن کوره بلندواترژاکت ساخته شده دارای سه اشکوب میباشد .

۱ ـ اشکوب فوقانی موسوم به اشکوب باردهی ـ دوم اشکوب کوره ـ سوم بنز اشکوب مات وسر باره .

قسمت ژاکت های شکم وبدنه کوره تاقدری پائین تر از اشکوب باردهی ادامه دارد ـ درب باردهی در بدنه کوره ساخته شده بوسیلهٔ باز و بسته میشود . بعداز اشکوب بار گیری تاارتفاع ٤ ـ ٦ متر خارج کوره از صفحات آهن پاك لا. که قسمت درونی آنها از آجر نسوز پوشیده شده تشکیل یافته ؛ سر کوره منتهی به کلاهکی میگردد که لولهٔ دودکش بدان متصل است و این لوله پس از تاخوردن بطرف اطاقیکه دستگاه غبار گیر قرار گرفته است گاز ومواد متصاعده را هدایت میکند .

در کوره های کوچك، پس از آنکه بوته از مات وسرباره مملو گشت منفذ خروج مواد مذاب را باز کرده وآنهارا در پاتیلهای چدنی میریزند و مدتی نگاه میدارند در این مدت چون مات دارای وزن مخصوص بیشتری میباشد ته نشین شده و ته پاتیل منجمد میشود . پس از انجماد محتویات پاتیل را بیرون آورده وسر باره را بآسانی از مات جدا مینمایند . ولی این رویه در کورههای بزرگ عملی نیست لذا برای آنها دومجرای جداگانه میسازند.از مجرای بالائی که همیشه باز است سرباره بیرون میریزد ودر ظرف مخصوص جمع آوری میشود و بعداً بمصارف مختلف میرسد . از منفذ تحتانی مس سیاه یامات بامقدار کمی سرباره بیرون آمده و داخل تشت بزرگی بقطر ٥ ـ ٨ متر وبگودی ۰۰/٥۰ ـ ۱ متر که جدار درونی آن از مواد نسوز پوشش یافته میشود. در اینجا مات گداخته مدتی میماند و عمل تصفیه انجام میگیرد یعنی این دو ماده فرصت کافی خواهند داشت که از یکدیگر جداشوند ودولایه مجزا تشکیل دهند . مس سیاه یامات را از ته تشت خارج کرده و قالب میریزند و یا مستقیماً به دستگاه تبدیل کننده برای عملیات مرحله دوم بکار میبرند .

تشویه مواد اولیه مس

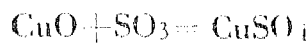
در استخراج مس بوسیله گداختن مواد اولیه،صلاح در این است که سنگهای معدنی مس را ابتداء تحت عملیات تشویه قرار داد تااینکه گوگرد زیادی و ناخالصیهای دیگر آنها از قبیل ارسنیك ـ انتی موان وحتی بیزموت بقدر امکان کم شده وسولفور های فلزی تبدیل باکسید شده تا زود تر با سیلیس و اکسید آهن در ترکیب در آمده تولید سرباره بنمایند

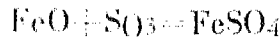
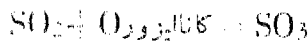
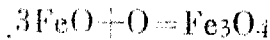
تشویه مواد اولیه مس که در کوره واترژاکت گداخته میشوند چندان ضرورتی ندارد زیرا ممکن است بطریقی عمل مزبور در خود کوره در آن واحد انجام شود ولی موادیکه در کوره شعله‌ای گداخته میشوند باید قبل ازاقدام به گداختن آنهارا تحت عملیات تکلیس و تشویه قرار داد .البته شدت عمل تشویه بستگی مستقیم و نزدیکی بمقدار موجودی عناصر گوگرد ومس و آهن در مواد اولیه دارد ؛ وهرقدر مقدار گوگرد بیشتر باشد شدت ومدت عملیات تشویه بیشتر وطولانی تر خواهد بود . فعل وانفعالاتیکه در تشویه صورت میگردد از این قرار است

فرض شود که مواد اولیه مس از سولفور تشکیل یافته وعبارتند از کالکوزیت کالکوپیریت ـ پیروتیت و پیریت درحالت نرم وخورده شده . وقتیکه کالکوزیت رادر کوره گرما میدهند درمجاورت اکسیژن کافی در بین درجات ٤٣٠ ـ ٦٩٠ سانتی گراد محترق شده و بااکسیژن در ترکیب شیمیائی در آمده تولید اکسیدهای زیر رامیکنند :

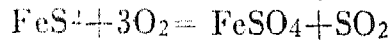
$$Cu_2S + 3O = Cu_2O + SO_2$$

$$Cu_2O + SO_2 + O_2 = 2\,CuO + SO_3$$

$$CuO + SO_3 = CuSO_4$$

نسبتهای اکسید وسولفاتیکه درنتیجه فعل وانفعالات بالا حاصل میشود مربوط به درجه گرمای تشویه ومقدار اکسیژن زیادی میباشد . دراغلب سنگهای سولفور مس، پیروتیت $FenSn+1$ وجود دارد. درموقع تشویه گوگرد آن درمجاورت اکسیژن در آمده ودر گرمای ٣٠٠ ـ ٥٠٠ درجه سانتی گراد فعل وانفعالات زیر رخ میدهد

$$FeS + 3O = FeO + SO_2$$
$$3FeO + O = Fe_3O_4$$
$$SO_2 + O \xrightarrow{\text{کاتالیزور}} SO_3$$
$$FeO + SO_3 = FeSO_4$$

ولی اگر مقدار گرما از ۵۳۰ درجه سانتی گراد تجاوز کند ،سولفات آهن دو مرتبه تجزیه میگردد .

عملیات تشویه کالکوپیریت نیز مانند پیروتیت میباشد؛ اگر پیریت آهن را در جای سر بسته بدون مجاورت اکسیژن گرما دهند در ۳۰۰ درجه گاز گوگرد متصاعد میگردد . $2FeS_2 +$ حرارت $= 2FeS + S_2$ ولی اگر گرما را زیاد بکنند وهوا داخل کوره بنمایند گاز SO_2 خارج میشود ودردرجات بین ۲٦۰ و ۳۰۰ این فعل و انفعالات انجام میگیرد :

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$
$$FeS_2 + 3O_2 = FeSO_4 + SO_2$$

مواد اولیه مس جهت تشویه اگر بشکل قطعه وقلوه سنگ ودرشت باشند بطور توده و یا در کوره های مرتفع آهک پزی (Kiln) تشویه میشوند .فعلا اینعمل کم و بیش متروك شده است . ولی اگر بشکل ذرات ریز مانندمحصول دستگاه فلوتاسیون باشد یعنی قبلا تحت عملیات آرایش وتهیه واقع شده باشند آنوقت عملیات تشویه در کوره شعلهٔ ویادر کوره های وژ ـ هر شوف ـ دوایت لوئید که شرح مفصل آنها در جلد اول (فصل هفتم) تحت عنوان تکلیس و تشویه داده شده است صورت میگیرد .

یك کوره تشویه (وژ) که دارای هفت اشکوب وبقطر هشت متر میباشد در ۲٤ ساعت درحدود ۷۰ تن مواد گوگرد دار را تشویه میکند

امروزچون قسمت معظم مواد اولیه مس،سولفور میباشد و در سر معدن و محل استخراج اززمین تحت عملیات آرایش وتهیه واقع میشوند و بصورت پر عیار درمیآیند ازاینجهت قبل ازمبادرت بذوب باید تشویه شوند تاگوگرد زیادی و ناخالصیهای دیگر خود راازدست بدهند والا نمیتوان از آنها «مات» مس مناسبی بدست آورد

گدازمواداولیه گوگرد دار (سولفور) از نقطه نظر گدازفلزات سنگهای معدنی سولفور مس از Cu_2S و FeS و گانگ تشکیل شده و منظور از ذوب جدا کردن

مس از گوگرد و آهن و بقیه عناصر خاکی و اسیدی میباشد

اصول استخراج برروی این حقایق قرار گرفته است :

١ ـ میل ترکیبی عنصر مس با گوگرد بمراتب بیشتر و شدید تر از آهن است

٢ ـ میل ترکیبی عنصر آهن با اکسیژن شدیدتر از مس میباشد

٣ ـ سولفور مس Cu_2S در سولفور آهن FeS حل شده و هر دو با هم تولید مات (Matte) مینمایند

٤ ـ مات حاصله دارای وزن مخصوص زیاد تری از سرباره بوده و در آن غیر قابل حل میباشد .

٥ ـ مات حاصله میتواند فلزات گران بهارا از قبیل طلا و نقره که در مواد معدنی اصلی موجوداند درخود حل نماید و نگاه دارد .

٦ ـ سولفور مس Cu_2S در گرمای ٤٥٠ درجه سانتی گراد با اکسید مس Cu_2O در فعل وانفعال در آمده مس فلزیرا آزاد ساخته و گاز SO_2 متصاعد میگردد

ازحقیقت اخیر در عمل تبدیل مس «مات» به «مس سیاه» وجوش دار بوسیله دستگاه تبدیل کننده استفاده نموده و میتوان گفت که مبنای مرحله دوم استخراج مس بر آن استوار گشته است.

عملیات گداز در کوره بلند واترژاکت که شرح آن رفت درسه روش وطریقه پی روی میگردد و آنها عبارتند از :

١ ـ روش تشویه واحیاء که در آن مواد اولیه مس چه تشویه شده و چه نشده بامقدار زیادی کاك در کوره گداخته شده و کاك گرمای لازم را برای فعل وانفعالات احیاء کننده تأمین میسازد و اکسیدهای مس بترتیب به مس آزاد فلزی احیاء میگردند.

٢ ـ روش پیرتیتیك Pyritic ـ که در آن از احتراق گوگرد اضافی درمواد سولفوره مس استفاده کرده زیرا گرمائیکه از تولید گاز SO_2 و سیلیکات آهن حاصل میشود برای گداختن بار کوره ودر آوردن آن بصورت مات و سر باره کافی خواهد بود .

٣ ـ روش نیمه پیریتکی Semi..pyritic که در آن مقداری کاك بمنظور

کمك بادامهٔ عملیات وتأمین گرمای کافی اضافه میگردد ومیتوان گفت که این روش حد وسط بین دوروش نامبرده‌دربالااست .

دراینجاباید متذکر شد که باوجودیکه‌روش‌پریتیك از نقطهٔ نظر اقتصاد وصرفه جوئی در مقدارسوخت بسیارخوب‌ومطلوب‌است‌ولی درعمل انجام آن مشکل است و در اغلب کارخانجاتیکه روش نامبرده عمل‌میشودبازبطور اجبار باید مقداری کك بکار برد تااینکه گرمای لازم وکافی جهت ادامه‌عملیات‌در کوره تأمین گردد .

مات مس ـ اولین محصولی که ازگداز مواد اولیه‌و سنگهای معدنی مس چه در کوره واترژاکت و چه در کوره شعلهٔ بدست میآید « مات » میباشد. مات مس مخلوط مرکبی است از سولفور مس و سولفور آهن در نسبتهای مختلف . وفورمول کلی آن عبارت است از ($xCu_2S.yFeS$)زیرا برحسب‌نوع و عیارمواد اولیه مس و طرز کارکوره محتوی مس در مات بین ١٥ـ٦٥٪ تغییر میکنند . وقتی که سنگهای معدنی‌را در کوره گرما می‌دهندکه بحالت گداخته درآیند، نظر بمیل ترکیبی گوگرد با مس و از طرفی با آهن این سه عنصر در ترکیب شیمیائی درآمده و تولید «مات» میکنند؛چونکه این دو سولفور در یکدیگر قابل حل می‌باشند . اضافه براین‌عناصر فلزی دیگری‌که در مواد اولیه وجود دارند از قبیل نیکل ـ انتی‌موان ـ بیزموت و ارسنیك نیز داخل مات مس شده و در آن‌باقی میمانند . یکی‌از خصوصیات مات‌مس اینست‌که فلزات گران‌بهاطلاو نقره‌رادرخودجمع‌میکندبدلیل‌اینکه‌سولفورمس Cu_2S وسولفورنقره Ag_2S باهم‌محلول جامدمی‌دهند. دیگراینکه سولفورمس Cu_2S، طلا رادرخود حل میکند و عنصرمس با هردوی آنهابترکیب همبسته‌درمیآید .

از این لحاظ سعی میشودکه اگر در مواد اولیه‌طلا بصورتی موجود باشدکه استخراج آن با وسایل دیگر مقرون بصرفه‌نباشدآن‌مواد را در بار کوره داخل کرده و با مواد اولیه‌مس‌بعنوان‌مواد گدازآور گداخته وفلزات گرانبها رادرمات‌جمع‌آوری نموده‌وبعداً بطرقی که‌ذکرخواهدشداز مس جدا نموده‌و مورداستفاده قرار می‌دهند.

برای نمونه چند ترکیب مات مس درزیر داده می‌شود :

مات محصول کوره‌واترژاکت (١) مس ٣٦/٢٪ـ گوگرد ٢٣٪ ـ آهن ـ ٣٥٪

مات « « « (٢) « ٥٥٪ـ « ٢٤٪ ـ « ١٣٩٪

مات محصول کوره   شعلهٔ (۱) مس۸/٦۰٪ـ گوگرد۲۳/۳٪ـ آهن ۱۱/٤٪

درجه گداز مات بستگی مستقیمی با مقدار محتوی مس دارد، یعنی هرقدر مقدار در صد مس در مات بیشتر باشد درجه گداز مات بالاتر خواهد رفت مثلا درجه گداز ماتی که ۳۰٪ مس دارد درحدود ۸۷۵درجه سانتی گراد است.

و « « « ٥۰٪ « « « ۹٥٥ « « «

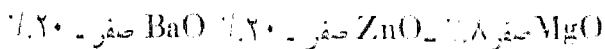
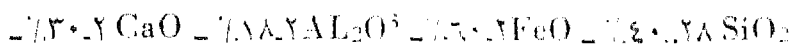
« « « « ٦۰٪ « « « ۱۰٦٥ « « «

« « « « ۷۰٪ « « « ۱۱۲۰ « « «

سر باره مس ـ ترکیب سرباره دراستخراج مس از مواد مختلف معدنی چه در کوره واترژاکت و چه در کوره شعلهٔ بین منوسیلیکات و بی‌سیلیکات تغییر میکند و این اختلاف برای اینست که سرباره باید همیشه سیال باشد و بسهولت و آسانی ازمنفذ خروجی کوره بیرون آید و بعداً ازمات جدا شود.

حدود ترکیب سربارهٔ مس از اینقرار است :

SiO_2 ۲۸..٤۰٪ ـ FeO ۳..٦۰٪ ـ AL_2O_3 ۲..۱۸٪ ـ CaO ۲..۳۰٪ ـ

MgO صفر..۸٪ ـ ZnO صفر ـ ۲۰٪ BaO صفر ـ ۲۰٪

البته باید سعی شود که سه اکسید اخیر یعنی MgO، ZnO، BaO در سرباره وجود نداشته باشند زیرا سبب غلظت و لزجی آن شده و نمی‌توان بآسانی آنرا ازمنفذ خروجی کوره بیرون آورد.

اکسید آهن هم نباید زیاد باشد زیرا وزن مخصوص سرباره رازیاد کرده وجدا کردن آنرا از فلز دشوار می‌سازد.

بطور کلی سربارهٔ که محتوی عنصری باشد که میل ترکیبی شدیدی با گوگرد داشته باشد عنصر مزبور سبب میگردد که مقدار بیشتری مس در سرباره باقی بماند ودر حین انجماد از آن مجزا نگردد ودر نتیجه مقدارقابل ملاحظهٔ مس بیهوده تلف شود.

۱ ـ روش گداز احیاء ـ درگداز احیاء در کوره بلند واتر ژاکت سنگهای معدنی مس نیمه تشویه شده را بوسیلهٔ یك سوخت کربن داری گداخته و محتویات فلزی را بوسیله اکسید دو کربن (CO) احیاء میکنند.

هوائی که بوسیله دم بدرون کوره دمیده می‌شود باید فقط کربن کاک را احیاء نماید و به گوگرد کاری نداشته باشد. اگرچه مقدار کمی گوگرد میسوزد و مبدل به SO_2 میگردد ولی قسمت معظم گاز نامبرده در نتیجه فعل و انفعالاتی است که فیمابین سولفورهای مس و اکسید های آن صورت میگیرد حاصل می‌شود. عناصر مس، آهن و گوگرد باهم در آمیزش شیمیائی درآمده و ترکیبی بشکل «مات» میدهند مات مزبور علاوه برطلا و نقره قسمت زیادی از ارسنیک آنتی‌موان، روی وسرب را در خود حل می کند و بهمراه می‌برد. از طرفی دیگر اکسیدهای اسیدی وقلیائی مانند SiO_2، FeO، CaO، MgO با هم ترکیب شده و تولیدسرباره می کند.

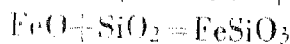
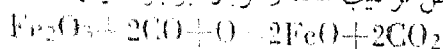
سوختی که در این کوره بکار میرود کاک می‌باشد و مقدار آن باید در حدود ۱۶٪ وزن بارکوره باشد. البته می‌توان بجای کاک، زغال چوب بکار برد ولی چون سختی واستحکام کاک را ندارد درزیر فشارمواد اولیه کوره مبدل به گرد شده وبشکل ذرات ازدهانه کوره خارج می‌شود.

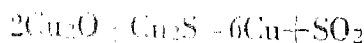
فعل وانفعالاتی که درروش گدازاحیاءوقوع میپابنداز اینقرار است:

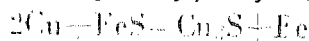
درحین اینکه مواداولیه ازدهانه کوره بطرف شکم آن سرازیرشده پائین میآیند رطوبت وآب میکانیکی آنها گرفته شده واکسید مس احیاء می‌شود وسپس قسمتی از آن مبدل به سولفور میگردد.

$$CuO + CO = Cu + CO_2$$
$$2Cu + FeS = Cu_2S + Fe$$

سنگ معدنی هماتیت Fe_2O_3 بوسیله کربن واکسید دو کربن احیاء شده و در حالت FeO با سیلیس ترکیب شده وسرباره بوجود میآید.

$$Fe_2O_3 + 2CO + O = 2FeO + 2CO_2$$
$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3$$

بعداً اکسید مس با سولفور هردو در فعل و انفعال درآمده و مس آزاد می گردد.

$$2Cu_2O + Cu_2S = 6Cu + SO_2$$

مس آزادشده فوراً باز بوسیله پیریت آهن مبدل بهسولفور مس میگردد.

$$2Cu + FeS = Cu_2S + Fe$$

حال اگر مقدار گوگرد و آهن در بار کوره بحد کفایت نباشد که « مات » مس بدست آید مقدار معظمی ازمس فلزی به‌سرباره خواهد رفت وازبین میرود .

مات مس در گرمای ۹۰۰ درجه سانتیگراد بوجود میآید وقطره قطره ازلابلای مواد اولیه که بشکل خمیرهٔ درآمده‌اند پائین رفته ودربوته کوره جمع میگردد ولی درضمن پسائین آمدن ذرات طلا ونقره که درمواد اولیه بارموجود است درخود حل کرده وبهمرا میبرد .

سرباره درنقطه بالاتر ازمدخل لوله‌های دم تشکیل میشود . هوائیکه بوسیله لوله‌های دم داخل کوره میشود تماس با ککی پیدا میکند که گرمای آن در حدود ۱۲۰۰ درجه سانتیگراداست ، ازاین جهت فورا اکسید دوکربن CO وگر اکسیژن زیاده ازحد باشدمقداری (CO_2) تولید میگردد . بنابراین در کوره قدری بالاتر از محور لوله‌های دم‌هوای دم‌از گاز های CO ، CO_2 وازوت N ترکیب‌یافته و هرقدر گاز بطرف دهانه کوره نزدیک شود CO_2 بتدریج زیادتر میشود و اضافه مقداری SO_2 نیز وجود خواهد داشت .

محصولات کوره واترژاکت . درگداز احیاء کوره بلند واترژاکت تقریباً چهار نوع محصول میدهد که عبارتنداز :

۱ ـ مات ـ ۲ ـ سرباره ـ ۳ ـ اشپایس ـ ۴ ـ گاز وغبارات دودکش ، که بغیر ازسرباره ، بقیه محصولات نیمه‌تمام شده‌اند که باید تحت‌عملیات دیگری درآیندتااینکه مس خالص ومحصولات درجه‌دوم بدست آیند .

مات مس‌ممکن است بین ۱۵ ـ ۵۰ ./. مس داشته باشد و اضافه مقداری طلا ونقره، ارسنیک، انتی‌موان وبیزموت به‌عنوان ناخالصی دربر خواهدداشت. بطوریکه گفته شده مات‌را برحسب ظرفیت کوره یادرپاتیلهای کوچک ریخته وازسرباره جدا نموده و یااینکه آنرا در تشت بزرگی که مقابل بوته کوره قرار گرفته میریزند و درموقع لازم بدستگاه تبدیل کننده انتقال میدهند که درآن مات مبدل به‌مس « جوش دارو سیاه» بشود ـ سرباره که بامات حاصل میشود معمولا بین ۲۵ /۰ ـ ۰/۵۵ ./. مس دارد که بایدآنرا ازبین رفته حساب نمود.زیرا اصولاسرباره یک‌محصول بیفایده بشمار میرود

اگر چه دربعضی کارخانجات سر باره‌هارا درکناری انبار کرده‌به‌امیداینکه‌روزی‌مس محتوی آنهارا باطریقهٔ «تر» استخراج نموده واستفاده نمایند .

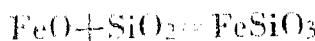
اشپایس[1]ـهمانطور که سولفورمس و آهن را «مت» مینامند ، ارسنور و آنتی‌منور آهن ومس‌را «اشپایس» میگویند .البته وقتی‌این‌ترکیب درگداز موادداولیه مس تولید میگردد که‌درآنها ارسنیك وانتی‌موان موجود باشد ودرعمل تشویه کاملا رفع نشده باشند . موقعی که‌سنگهای معدنی‌مس‌محتوی‌نیکل هستند برای اینکه‌نیکل درمحصول گداز باقی‌بماند بارکوره را طوری تنظیم میکنندکه اشپایس تشکیل‌شود زیرا این‌ماده‌نیکل را درخود جمع میکند . البته بعداً میتوان اشپایس‌را درمجاورت اکسیژن زیادی تشویه نمود و در مرحله بعدی احیاء نموده و نیکل را بدست آورد .

گاز وغبارات دودکش اغلب ازذرات اصلی وتغییر نیافته مواد اولیه بار کوره تشکیل شده‌اندواین ذرات بوسیله جریان گازیکه دردرون کوره بطرف‌بالاودودکش سیر میکنند خارج گشته و بداخل اطاقهای مخصوص و دستگاه تنظیف غبار رفته و عاقبت از گاز جدا میشوند . بعدا میتوان ذرات‌را جمع‌آوری کرده ، وبصورت بریکت در آورده ، و مجدداً با بارکوره‌گداخت‌زیرا در آنها بقدر کافی‌مس، طلا و نقره وارسینك موجود است که‌هزینه عملیات پاك کردن‌وجدا کردن را تامین نماید .

درگدازاحیاء،اگر دربار کوره‌عناصر موذی‌زیادنباشند آنوقت‌بازده[2] آن بسیار خوب‌خواهد بود ودرحدود ۹۷٪ میباشد . وبقیه‌مس‌داخل سر باره شده وبهدرمیرود .

۳ ـ روش گداز پیریتیکی. درگداز پیریتیکی حتی‌المقدور سعی میشود که‌از گرمای احتراق گوگرد وگرمای ترکیبی سیلیکات آهن‌استفاده شود وازمقدار سوخت اضافی که كك باشد کاسته شود . مهمترین فعل‌وانفعالات گرمازا که در این گداز صورت میگیرند عبارتند از :

$$FeS + 3O = FeO + SO_2$$

$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3$$

البته‌دراینگونه گدازمواد اولیه‌ای‌باید بکاربروند که گوگرد آنها نسبتاًزیادباشد

Output –۲ Spiess - ۱

تا اینکه در نتیجه احتراق گوگرد گرمای لازمه بوجود آید . معذلك مشاهده شده است که برای ادامه عملیات لازم است ۱–۳٪ وزن بار موجود ، کك اضافه نمود . شرایط ضروری در این نوع گداز عبارتند از وجود پیریت آهن ، مواد سیلیس دار یا سیلیس آزاد ومقدار زیادی هوا ، زیرا سیلیس آزاد میتواند با اکسید آهن ترکیب شده وسیلیکات فرو بوجود آورد و گرمای لازمه را تأمین نماید .

شکل کورهٔ که این روش گداز در آن عملی میگردد با کوره واترژاکت فرق دارد : اولا مانند یك استوانه میباشد که قطر قاعده آن کوچکتر از قطر دهانه آن است . ثانیا در قسمت شکم منافذ بیشتری برای دمیدن هوا تعبیه شده برای اینکه این روش احتیاج به هوای بیشتری دارد .

موقعیکه مواد اولیه از دهانه کوره بطرف شکم سرازیر میشوند عملیات خشك شدن و از دست دادن رطوبت و آب شیمیائی صورت میگیرند ولی قدری پائین تر از دهانه کوره یعنی در قسمتیکه گرمای آن به ۷۰۰ درجه سانتیگراد میرسد ، پیریت آهن یك ملکول گوگرد خود را از دست میدهد و بصورت $FeS_2 = FeS + S$ در میآید . بازقدری پائین تر گاز انیدرید کربنیك CO^2 که از تجزیه و تفکیك سنگ آهك که بعنوان ماده گداز آور اضافه شده تولید میگردد و در محیط درونی کوره ظاهر میشود . سولفور آهن FeS که از فعل وانفعال بالا بدست آمده در ۹۰۰ درجه سانتیگراد و در حالت گداخته قطره قطره بطرف بوته کوره جاری میگردد ولی در مسیر نزولی خود تماس با اکسیژن هوای دم پیدا کرده و تمام گوگرد خود را از دست میدهد ومبدل به اکسید FeO میشود . اکسید حاصله فوراً با SiO_2 در ترکیب در آمده و تولید سیلیکات فرو باضافه مقداری کالوری میکند که گرمای کوره را تأمین مینماید . سیلیکات نامبرده ممکن است قدری اکسید کلسیم CaO و اکسیدهای دیگر درخود حل نموده وعاقبت بصورت سرباره تمام عیاری در آید .

البته تمام FeO نباید بسوزد و از بین برود زیرا مقداری از آن لازمست که با سولفور مس Cu_2S ترکیب شده و تولید « مات » بنماید .

روش گداز پیریتیکی در نقاطی بکار میرود که سنگهای معدنی مس ومواد اولیه

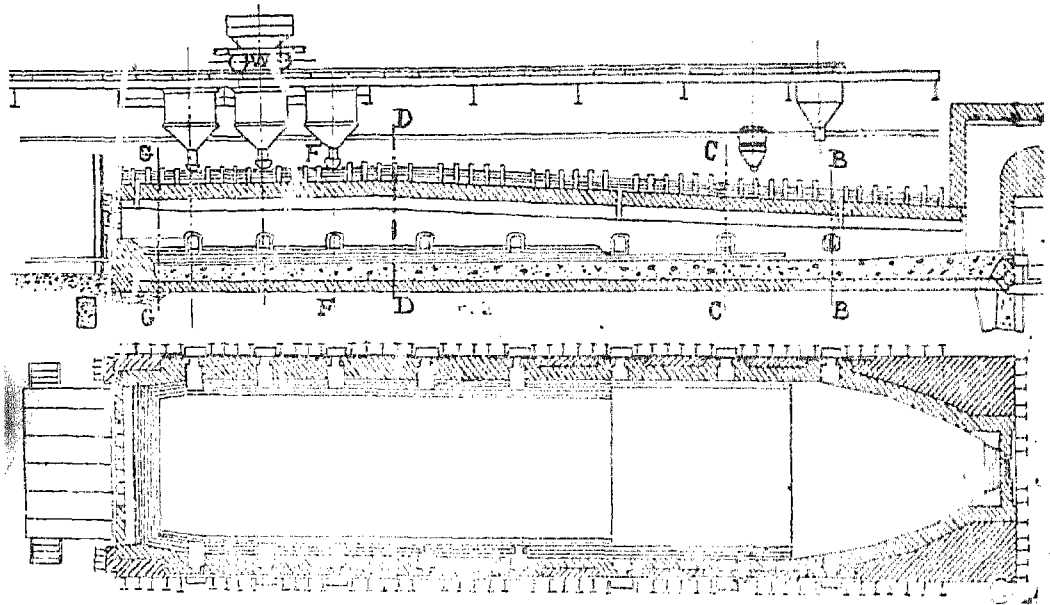
موجود برای اینگونه گداز مناسب باشد؛ مثلا اگر سنگ معدنی در حدود ۲٪ مس داشته باشد و مقدار زیادی پیریت طلا و نقره‌دار موجود باشد که گداز آن مقرون بصرفه باشد این طرز گداز بکار میرود و در نتیجه مات‌فقیری) در حدود ۲۰٪ مس) نتیجه میشود که قبل از تبدیل آن بمس « جوش‌دار و سیاه » باید مجدداً در کوره والنرزاکت گداخته شود و به مات غنی‌تری تبدیل گردد.

۳ـ روش گداز نیمه پیریتیکی ـ این طریقه وقتی بکار میرود که مواد اولیه مس بشکل توده های بزرك (ماسیف) نبوده ولی مقدارزیادی پیریت آهن در کانگ سنگ مس بطور پراکنده‌موجود باشد. البته این نوع مواد اولیه بمقدار کافی گوگرد ندارند که کاملا ازسوخت اضافی‌مستغنی‌باشند، بدینجهت در گداز آنها مقدار ۸ — ۱۰٪ وزن بار، کك اضافه می کنند که گرمای لازم را تأمین نماید.

کوره شعله (روربر) ـ کوره‌شعله‌ای برای مواد اولیه مسی‌بکار میرود که بصورت گرد و ذرات بوده و در نتیجه عملیات «آرایش و تهیه» بدست آمده باشند. در این کوره، سوخت که کاملااز بقیه موادبار کوره مجزا است، فقط گرمای لازمه‌را تأمین می کند و دخالتی در احیاء و عملیات شیمیائی که در درون کوره وقوع می یابد نمیکند، زیرا احیاء مس از سنگهای معدنی و تمرکز یافتن آن در مات در اثر فعل و انفعالاتی‌است که بین Cu^2S و Cu^2O صورت‌میگیرد. بنابراین مواد بکه در کوره‌شعلهٔ گداخته‌میشوند‌باید‌دارای‌ترکیبی‌باشند که چندان احتیاج به مواد کمك‌ذوب نداشته زیرا همیشه مقداری از سیلیس آجر های پوشش درونی کف کوره خورده شده و شرکت در عملیات تشکیل سرباره میکنند.

کوره شعله باید سوخت ارزان و زیادی داشته باشد. سوخت چه زغال سنگ نرم و خاکه و چه نفت سیاه در اطاق سوخت محترق گشته و گرمای پرتوئی از سقف و دیوارهای جنبی کوره بطرف قاعده و کف آن منعکس شده و گرمای لازمه را به موادیکه باید گداخته شوند میرساند. چون در کوره شعلهٔ دم بکار نمیرود لذا هوای درونی کوره نسبتاً ساکن و آرام است وچون اکسیژن هوا دخالتی درفعل وانفعالات شیمیائی نمیکند لذا وظیفه کوره گداختن مواد اولیه‌است و بس.

اینک بشرح ساختمان کوره میپردازیم .

کوره شعله‌ای که درگداز مس بکار میرود شباهت زیادی بکوره شعله‌ای که

شکل (۱۶۲) آخرین و مدرن‌ترین نوع کوره شعلهٔ گداز مس

جهت تشویه مواد معدنی بکار میرود دارد، جز اینکه چون در اینجا شدت گرما باید زیاد باشد لذا مصالحیکه در ساختمان کوره مخصوصاً در قسمت کف و قاعدهٔ آن بکار میرود باید از نوع بهتری باشد که بتواند از طرفی تحمل گرما و از طرف دیگر اثرات زیان‌بخش وخورنده سرباره‌ها را بکند . کوره از دو اتاق یکی موسوم باتاق سوخت و دیگری باتاق گداز تشکیل شده و مساحت اتاق دومی چندین برابر اتاق سوخت است . البته در صورتیکه سوخت مایع از قبیل نفت سیاه و غیره بکار رود دیگر احتیاجی باتاق سوخت نبوده زیرا مشعل ها را میتوان در جدار عرضی کوره کار گذاشت . کف اتاق گداز باید کاسه‌وار باشد تا اینکه مواد گداخته در آن جمع شوند .

اصولا کوره را روی اساس بتون مسلح و با سرباره گداخته که درمحل منجمد شده بالا می‌آورند . کف کوره را از آجرهای نسوز اعلا که هم در برابر گرما وهم در برابر اثرات تباه کننده سربارهٔ مقاومت میکنند میپوشانند . آجرهای نسوزیکه بدین منظور بکار میروند باید فشرده و محکم باشند که بتوانند فشار وزن مات مس را در گرمای

عالی متحمل شوند و از هم متلاشی نگردند . روی آجرهای پوشش کف کوره مقداری شن وماسه تکلیس شده میریزند واین ماده باید بیش از ۹۵٪ محتوی SiO_2 باشد.

بعد از اتمام ساختمان کوره آتشی درداخل آن روشن نموده و برای مدت چندروزی آنرا اخشاك میکنند .پوشش سطح درونی کوره برحسب نوع موادیکه در آن گداخته میشود ممکن است سیلیسی مانیزیتی و یا کرومیتی باشد ولی نوع اخیر را معمولا درفصل مشترك مات و سرباره کار میگذارند تا مانع خورده شدن واز بین رفتن آنها گردد.سقف کوره را باید طوری ساخت شود که بتواند گرمای پرتوئی و شعله را بطرف کف و قاعده کوره منعکس نماید ومصالحی که درساختمان آن بکار میروند عبارتند ازآجرهای سیلیسی به ضخامت ۰/۳۰ — ۰/۴۵ متر .

بـار گیری کوره ـ سابق براین که کوره‌های شعله‌ای چندان دراز نبود،عمل بار گیری یا از دربهای اطراف و یا از درون قیفهائیکه روی سقف آن نزدیك به پل آتش قرار گرفته انجام میگرفت ، پس از آنکه مواد از درون قیفها وارد کوره میشد آنرا بوسیله پاروها، بادست روی سطح کف کوره گسترانیده تااینعمل باعث شود که گرمای کوره برای مدتی پائین رود . درکوره های امروزی که طول آنها گاهی اوقات به ۳۵ — ۴۰ متر میرسد دیگر باردادن بطریق بالا میسر نیست و بار را از دیوارهای طولی کوره بداخل آن وارد میکنند،ازاینجهت درفاصله‌های معین دردیوارهای طولی سوراخهائی موجوداند که از درون آنها مواد اولیه تکلیس شده گرم گرم بکوره داده می شود . گاهی اوقات دراین سوراخها آلات باردهی مخصوصی که مواد نرم بار را بدرون کوره تزریق میکنند قرار گرفته است .

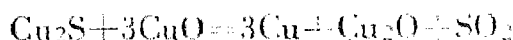
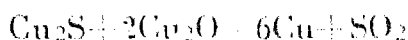
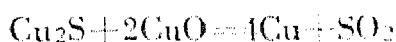
فعل و انفعالات شیمیائی در کوره شعله ای ـ بطوریکه گفته شد کوره شعله فقط کوره گداز است و درآن نه سوخت و نه اکسیژن هوا دخالتی دارند . بنابراین هر فعل و انفعال شیمیائی که وقوع مییابد بین عناصر ترکیب کننده بار کوره است . بـار کوره را مخلوطی ازمواد اولیه سولفات ـ اکسید ـ سولفور ـ ارسنور و غیره بنسبتهای مختلف تشکیل میدهد .

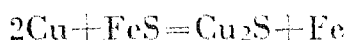
احیاء اکسیدمس Cu_2O در ۵۰۰ درجه سانتی گراد آغاز و در ۱۰۰۰ درجه خاتمه

می‌یابد . واکنش‌های مهم ازاینقرارند :

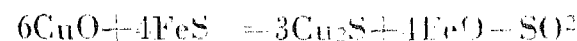
$$Cu_2S+2CuO=4Cu+SO_2$$

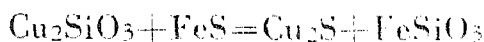
$$Cu_2S+2Cu_2O=6Cu+SO_2$$

$$Cu_2S+3CuO=3Cu+Cu_2O+SO_2$$

عنصر مس که‌طبق فورمولهای بالاآزادمیگردد فوراً بوسیله پیریت آهن‌سولفوره شده و با پیریت در ترکیب در آمده و تولید مات میکند .

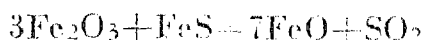
$$2Cu+FeS=Cu_2S+Fe$$

اکسیدهای مس که احیاءنگشته‌اند نیز سولفوریزه میشوند وکمك‌به‌تشکیل‌مات مس می‌نمایند .

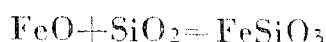
$$Cu_2O+FeS=Cu_2S+FeO$$

$$6CuO+4FeS=3Cu_2S+4FeO+SO^2$$

اگر مقداری سیلیکات مس در مواد معدنی موجود باشدکه در حین فعل و انفعالات بالا تولیدگشته است سولفوریزه شده وتشکیل مات میدهد .

$$Cu_2SiO_3+FeS=Cu_2S+FeSiO_3$$

اکسیدآهن که بصورت هماتیت در بار موجود است طبق رابطه‌های زیر احیاء میگردد وبشکل آهن فرو درمی‌آید .

$$3Fe_2O_3+FeS=7FeO+SO_2$$

$$Fe_2O_3+CO=2FeO+CO_2$$

حال اکسید فروی حاصله با سیلیس در ترکیب در آمد و سرباره را بوجود می آورند .

$$FeO+SiO_2=FeSiO_3$$

عناصر دیگر از قبیل روی ـ سرب ـ آرسنیك ـ انتی‌موان که در باره کوره وجود دارند ، قسمتی ازآنها متصاعدشده و فرار میکنند و قسمتی دیگر به‌داخل‌مات

میروند و همچنین عناصر بها دار از قبیل طلا و نقره و طلای سفید درمات حل شده و در آن باقی میمانند .

محصولات کوره شعله‌ای عیناً مانند محصولات کوره بلند واترژاکت،عبارتند از از: ـمات ـسر باره ـاشپایس و گاز و غبارات دودکش . مات حاصله ممکن است بین ۱۵ — ۵۰٪ مس داشته باشد و مقدار در صد مس محتوی بستگی بطرز تشویه قبلی مواد اولیه و نوع گداز آنها دارد . سربارهٔ که از کورهٔ شعله‌ای خارج میشود مقدار بیشتری مس از سرباره کوره واترژاکت که ذکر آن رفت دارد . بدلیل اینکه دراینجا سرباره دیگر فرصت کافی برای جدا شدن از مات راندارد.

نظر باینکه گازیکه از کوره شعلهٔ متصاعد میشود دارای گرمای بسیار زیادی است و شاید درجه گرمای آن در حدود ۱۲۰۰ سانتی گراد باشد لذا مقداری از این گرما باید بمصرف تولید بخار برسد و بیهوده تلف نگردد .

البته باید گازرا قبلا پاک کرد و الا پس از مدت کوتاهی کثافات و غبار لوله‌هارا گرفته وازطرفی گازهای گوگرد دار لوله‌های پولادی دیگهای بخار را خورده وسوراخ کرده و از حیز انتفاع میاندازد .

مرحلهٔ دوم ـ تبدیل مات مس به « مس سیاه » یامس « جوش دار »

این عمل را بانگلیسی Converting و بفرانسه Convertissage مینامندو آن عبارت است از دمیدن هوا بشکل حباب‌های بسیار ریز دردرون مات گداخته ومایع که در ظرف مخصوصی موسوم به دستگاه تبدیل کننده قرار گرفته است . گوگرد موجود درمات اکسید شده و بشکل گاز SO_2 از دهانه دستگاه متصاعد میگردد و بخارج میرود . سولفور آهن FeS نیز به FeO اکسید شده و در این حالت باسیلیس SiO_2 در ترکیب درآمده تولید سر باره مینماید، درصورتیکه اکسید و سولفور مس Cu_2O و Cu_2S با یکدیگر در فعل و انفعال درآمده،مس فلزی آزاد گشته و SO_2 متصاعد میگردد .

اکسیداسیون آهن و گوگرد و گرمای ترکیبی سلیکات آهن $FeSiO_3$ بقدری گرما تولید میکنند که برای فعل و انفعالات شیمیائی که باید در داخل دستگاه تبدیل کننده صورت گیرند کافی بوده و بعلاوه محتویات دستگاه را همچنان درحالت گداخته

نگاه می‌دارد .

پوشش درونی دستگاه تبدیل کننده ممکن ازمواد نسوز اسیدی و یاقلیائی باشد و البته نوع اخیر بیشتر معمول است . تبدیل کننده‌ها برحسب شکل ظاهری و درونی به دو نوع تقسیم میشوند :

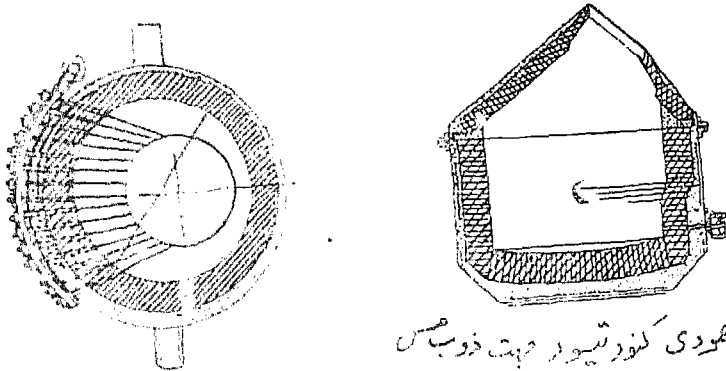
۱ ـ نوع قائم وایستاده ۲ ـ نوع افقی . اینك بشرح مختصر آنها میپردازیم :

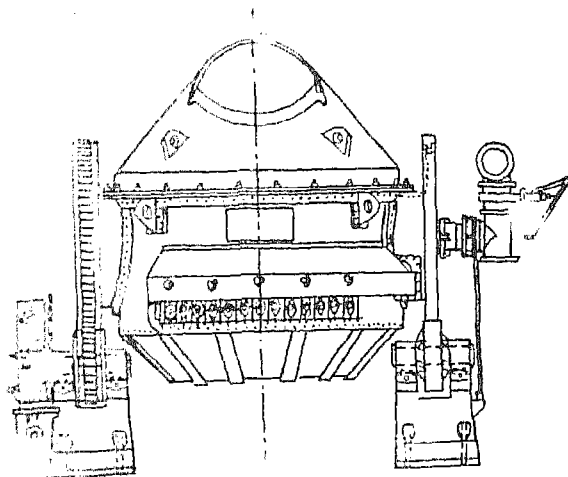
۱ ـ تبدیل کننده قائم ـ تبدیل کننده قائم که درامریکامعروف به Great falls میباشد ظرفی است استوانه شکل که قسمت دهانه آن بشکل مخروط ناقص در آمده است . تمام دستگاه از ورقهای کلفت پولادین که در ساختمان دیگهای بخار مصرف میشود ساخته شده و درون آن بطوریکه ازاشکال (۱٦۳ و ۱٦٤ دیده میشود ، ازقشر کلفتی ازمواد نسوز پوشیده شده است .

تبدیل کننده که حول یك محور افقی میتواند تا ٦٥ درجه در دو جهت بچرخد از چهار قسمت تشکیل شده که عبارتند از :۱ ـ دهانه ۲ ـ قسمت وسط ۳ ـ قسمت تحتانی و ٤ ـ قسمت قاعده بقسمیکه دو قسمت فوقانی میتوانند بکلی از قسمت قاعده جدا شوند . نزدیك محور افقی که حول آن تمام بدنه دستگاه حرکت میکند صندوق باد قرار گرفته و ازدرون آن چندین لوله کوچك بداخل جدار جنبی دستگاه وارد میگردد در شکل (۱٦٤) یك دستگاه تبدیل کننده کوچك دیده میشود که میتواند بین ٥ الی ۸ تن مات مس را تبدیل به مس سیاه جوشدار بنماید .

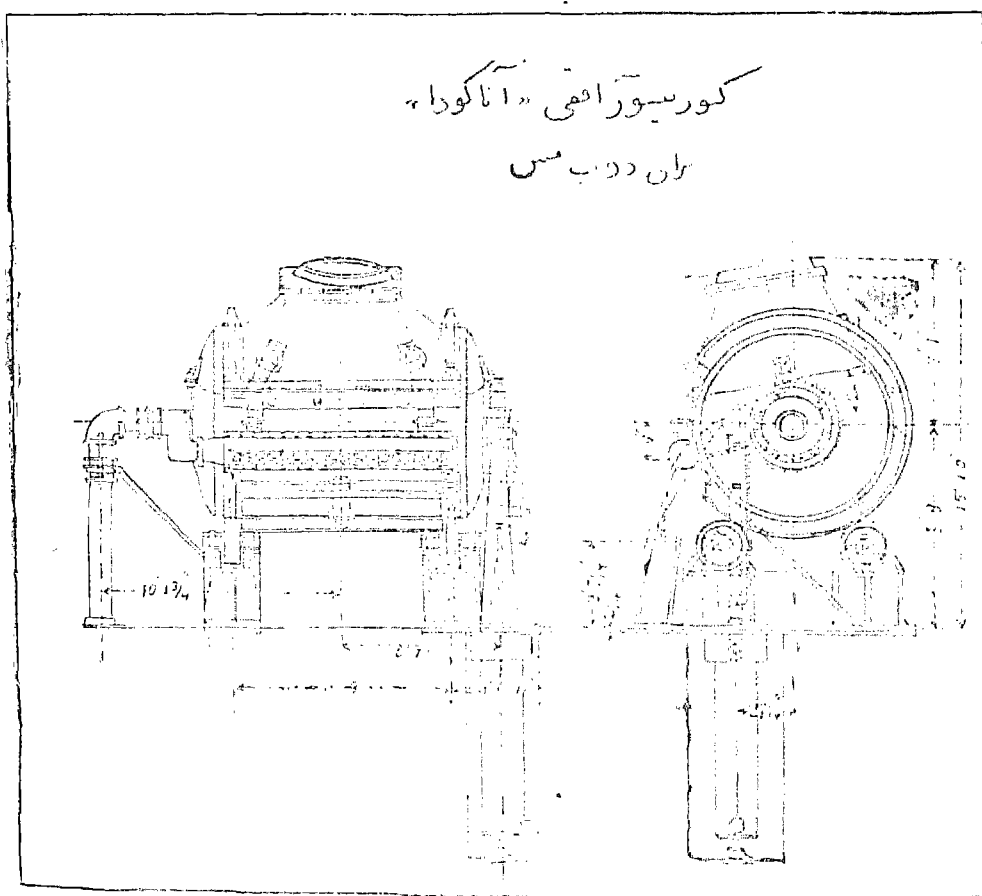
معمولا موادیکه پوشش درونی تبدیل کننده های قائم را تشکیل میدهند مواد نسوز اسیدی میباشند .

۲ ـ تبدیل کننده افقی ـ دستگاه افقی ازاستوانه پولادی تشکیل شده که بطور افقی قرار گرفته ودر وسط دهانهٔ آن میباشد که بشکل مخروط ناقص بوده وازصفحات ضخیم پولادین ساخته شده وجدار داخلی آن از مواد نسوز پوشش یافته است .در دو انتهای بدنه حلقه هائی تعبیه شده که روی چهار استوانه قرار گرفته ووزن تمام دستگاه را متحمل میشوند. دریکطرف دستگاه چرخ دنده های متعددی برای چرخانیدن دستگاه جهت پر کردن ازموادیکه باید در آن عمل شوند، کار گذارده شده است. درجلوی دستگاه وروی بدنه

يك اطاق مكعب مستطيل شكلى ساخته شده كه موسوم به صندوق باد است زيرا از اين صندوق چندين لوله هاى دم بدرون دستگاه متصل ميشوند. تبديل كننده افقى را معمولا در ظرفيت هاى بزرگترى از نوع قائم ميسازند: مثلا دستگاهى بقطر ٤/٥ متر و بطول ١٠ متر و ٤١ لوله باد نسبتاً اندازه معمولى است . ظرفيت دستگاه نامبرده براى مات ٤٠

برش عمودى كنورتيور جهت ذوب مس

شكل (١٦٣) برشهاى عمودى وافقى يك تبديل كننده قائم

شكل (١٦٤) نماى عمودى يك تبديل كننده قائم

درصد مس درحدود ١١٠ الى ١٢٥ تن ميباشد. چون درموقع دميدن، شعله بلند وغبار وذرات وجرقه هاى زيادى ازدرون تبديل كننده ها بخارج پراكنده ميشود و فضاى كار خانه را خراب ميكنند لذا روى دهانه هر كدام كلاهكى ميگذارند كه به دود كش متصل است .

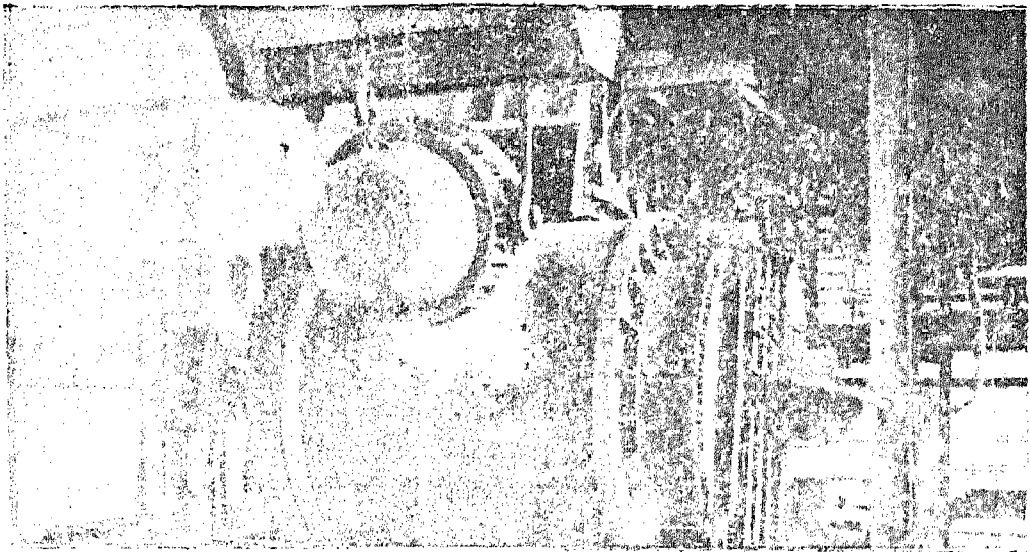
پوشش درونی تبدیل کننده هاـ پوشش درونی تبدیل کننده چه افقی وچه قائم ممکن است از مواد نسوز اسیدی و یا قلیائی باشد .اگر مواد اسیدی بکار رود باید طوری باشد که محتوی مقدار زیادی SiO_2 آزاد و محکم باشد تا اینکه سر باره نمودن FeO حاصله ممکن باشد . مواد سیلیس دار را خورد و ذره ذره نموده و بامقدار کمی خاک رس مخلوط کرده وسپس جدار درونی دستگاه را ازاین مخلوط میپوشانند سابقاً معمول براین بود که سنگ چقماق یا کوارتز خالص رانرم کرده و با گل رس مخلوط مینمودند ولی فعلا شن های طلا دار ومواد سیلیسی که دارای مقادیر جزئی فلزات قیمتی میباشند بکار میبرند . زیرا بدین وسیله فلزات گران بهارا بداخل مس جوشدار

شکل (۱۶۵) نمای قائم وجنبی یك دستگاه تبدیل کننده افقی

کرده و بعداً درحین تصفیه مس بوسیله تجزیه الکتریکی آنهارا نیز آزاد نموده و بدست میآورند .

البته پوشش اسیدی خیلی زود خورده شده و خراب میگردد و پس از هر ٦ تا ٩ گداز باید آنرا عوض کرد . این عوض کردن متوالی باعث گردیده که مواد نسوزی متعددی جهت اینکار تحت آزمایش قرار گیرند واز همه بهتر آجرهای مانیزیتی ازامتحان درآمده اند؛ازاین جهت دستگاه رااغلب از موادنسوز قلیائی پوشش میکنند .

درپوشش قلیائی آجرهای مانیزیتی که کلفتی آنها از ۰/۲۵ - ۰/٦۰ متر تغییر میکند دردرون تبدیل کننده مرتباً چیده وسطح درونی را باین طریق میپوشانند . در موقع دمیدن باد متراکم بدرون مات مقدار معتنابهیF3O4 تشکیل میگردد؛ مانیتیت نامبرده بدرون ترك وشکافهای آجرها رفته وسطح آنهارا کاملا میپوشاند و یك لایه نازك محافظت ایجاد میکند وبدینطریق دوام و عمر زیادی به پوشش درونی میدهد .

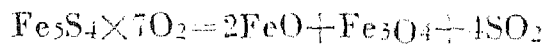
دستگاهی که بامواد قلیائی و آجرهای مانیزیتی پوشیده شده مدت یکماه بلکه بیشتر عمر میکند بدون اینکه نیازمندی به ترمیم وتعمیر داشته باشدوچون موادقلیائی دارای مزایای بیشتری از مواد اسیدی میباشند لذا اسیدی متروك گشته وفعلا درهمه جا پوشش درونی تبدیل کننده هارا باآجرهای مانیزیتی میسازند .

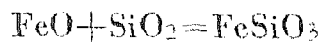
طرزعمل تبدیل مس مات بمس جوشدار - ابتدا بایددستگاه تبدیل کننده را بوسیله آتش گرم کرد و بعداً درحدود ٦۰ تن مات مس گداخته و٦ تن سنگ کوارتز خورده شده بدرون آن ریخت؛ سپس لوله های باد را بتدریج باز کرده و دستگاه را از وضع بارگیری بوضع قائم برگردانید تااینکه مات مس روی لوله هایدم راپیوشاند . درحدود نیم ساعت پس از دمیدن باد به درون مات گداخته ،سرباره ترکیب میشودو روی سطح مات بالا میآید . این سرباره را باید بیرون آورد: جهت اینکار بدنه دستگاه را چرخانیده تااینکه تمام سرباره بتواند از دهانه دستگاه بخارج بریزد. پس از آنکه مقداری سرباره بخارج ریخته شد باز مقداری مات گداخته وسنك کوارتز مخلوط با شن طلا دار اضافه میکنند و به عمل دمیدن ادامه میدهند . این عمل بهمین منوال ادامه دارد تااینکه تمام ظرفیت دستگاه پرشود،سپس عمل دمیدن راآنقدر ادامه

شکل (١٦٦) دستگاه تبدیل کننده در حالت پرشدن از مات مس گداخته

میدهند تااینکه مس جوشدار ترکیب شده‌وبدست آید .

فعل و انفعالات شیمیائی در دستگاه تبدیل کننده - بمجرد اینکه هوا ازلوله‌های دم بدرون توده فلز گداخته داخل شد گوگرد اکسیده‌شده‌وبشکل گاز SO_2 متصاعد گشته‌وازدهانه‌دستگاه‌خارج‌میگردد،بعداً اکسیدآهن‌مقناطیسی Fe_3O_4 که‌بعنوان‌غشاء محافظی‌روی‌آجرهای‌مانیزیتی‌پوشش درونی دستگاه میباشد تولیدمیگردد

$$5FeS + \text{گرما} = Fe_5S_4 + S$$

$$Fe_5S_4 \times 7O_2 = 2FeO + Fe_3O_4 + 4SO_2$$

اکسید آهن ساده یعنی FeO بامقداری سیلیس درترکیب درآمده و سرباره بوجود میآید وضمناً گرمای لازمه را تأمین میکند .

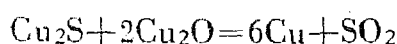
$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3$$

واکنش بالا همچنان ادامه دارد تااینکه کلیه آهن‌موجوددرمات اکسیده‌شود وبسرباره برود ودستگاه فقط‌محتوی Cu_2S(فلزسفید) باشد

در آغاز دمیدن،شعله برنگ سبز است ولی درموقع تمام شدن آهن ، رنگ

شعله مبدل به آبی کم رنگ میگردد . پس از اینکه تمام آهن اکسیده شدو به سر باره رفت هوای دم برروی Cu_2S اثر کرده وانرا طبق فورمول زیر اکسیده میکنند

$$Cu_2S + 3O = Cu_2O + SO_2$$

سپس سولفور و اکسید مس روی یکدیگر عمل کرده و « مس جوشدار » بوجود میآید .

$$Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2$$

این عمل تا وقتی ادامه دارد که کلیه گوگرد موجود درمات و بعداً در Cu_2S (فلز سفید) از بین برود ولی عمل دمیدن نباید طوری باشد که مس از اکسید خود یعنی Cu_2O اشباع گردد.

محصولات دستگاه تبدیل کننده عبارتنداز:

۱ ـ مس سیاه یا مس جوشدار[۱] که محتوی مقداری Cu_2O، طلا ، نقره، آنتی موان وارسنیك میباشد .

۲ ـ سرباره که محتوی ۱ ـ ۷٪ مس میباشد . البته این سرباره باید بعنوان یکی از مواداولیه در بار کوره منظور شود و یا مجدداً بداخل دستگاه تبدیل کننده عودت داده شود وذوب گردد .

افت دستگاه بین ۱ ـ ۳٪ میباشد و بیشتر بشکل گرد و غبار از دهانه آن خارج شده و به دودکش میرود که باید با وسائلی که بعداً گفته خواهد شد جمع آوری شده واز اتلاف آنها جلوگیری بعمل آید

تصفیه مس

مرحله سوم و آخری دراستخراج مس عملیات تصفیه میباشد ، زیرا مس سیاه وجوشداریکه ازدستگاه تبدیل کننده بدست میآید بقدری عناصر هوذی وناخالصی در بردارد که نمیتوان آنرا مستقیماً در کارهای مختلف صنعتی که احتیاج بمس خالص دارند بکار برد ومورد استفاده قرار داد .

ترکیب شیمیائی «مس جوشدار[۱]» دراین حدود است .

مس ۹۸/٤ ـ ۹۹/٥٪ ؛ طلا ۳۱ ـ ٦۳ گرام درتن ؛ نقره ۷۵ گرام ـ ۳/٤ کیلو در تن آرسنیك ۰/۰۰٤ ـ ۰/۱۰٪ ؛ آنتی موان ۰/۰۰۲ ـ ۰/۱۷٪ ؛ سرب ۰/۰۰۱ ـ ۰/۱۵٪

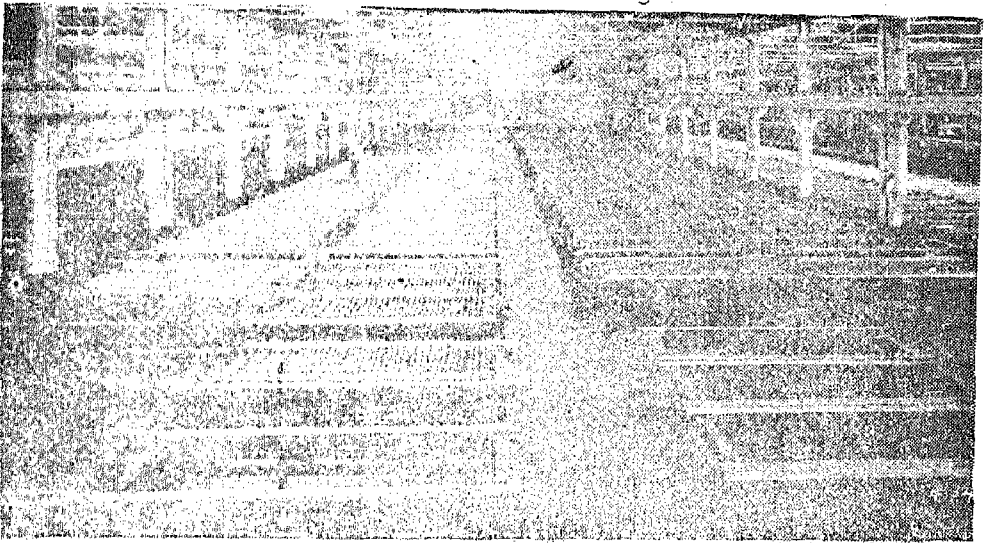
۱ـ Blister Copper

نیکل ۰/۰۰۵ ـ ۰/۰٤۱٪؛ روی ۰/۰۰۳ ـ ۰/۱۲٪؛ آهن ۰/۰۳ ـ ۰/۲۵٪؛ گوگرد ۰/۰٦ ـ ۰/۲۵٪؛ بعلاوه مقداری اکسیدمس Cu_2O . ولی اگر مقدار آن از ۰/٤٪ تجاوز کند مس را کاملاشکننده وسخت کرده و آنرا بکلی ازحیز انتفاع میاندازد .

برای اینکه مس عاری ازاینگونه ناخالصیها بشودوخواص فیزیکی ومکانیکی عالی داشته باشد باید آنراتصفیه کرد . سابق براین عمل تصفیه فقط منحصر به تصفیه آتشی بود ولی امروز اغلب مس تجارتی وصنعتی ازطریق تصفیه الکتریکی یاالکترولیز بدست میآید.اینک بشرح هردوطریقه میپردازیم .

تصفیه مس بوسیله آتش ـ کوره تصفیه عبارت از یك کوره شعله (روربر) کوچك میباشد که اطاق گداز آن بیضی شکل وکف آن از آجر نسوز که روی آن یك طبقه شن کوبیده شده است پوشیده شده . قطعات مس جوشدار را از درب جانبی کوره بداخل کرده ، سپس گرما را بتدریج زیادکرده تا اینکه مس جوشدار گداخته وذوب گردد . سپس مقدار کمی هوای درونی کوره رازیاد کرده واغلب ناخالصیهای موجود ازقبیل روی،سرب،وآنتیموان وآرسنیك را بوسیله اکسیداسیون وتبخیر برطرف ساخته ومتصاعدمینمایند،ولی ناخالصیهای دیگرازقبیل مانگانیز ، آهن،سرب،بیزموت وقدری مس رابشکل اکسید،روی سرباره آورده وبعداً خارج میکنند.برای اینکه عمل اکسیداسیون ناخالصیها بسرعت زیادانجام یابد بادمتراکم را بوسیله لوله ایکه بداخل مواد گداخته قرارگرفته میدمند ودرآن واحد سطح مواد مذاب را بوسیله پاروبهم زده تا اینکه اکسیژن هوای خارج هم بدرون فلز مذاب برود . عملیات بالا در مدت ٦ـ۸ ساعت بطول میانجامد ، آنگاه مرحله داخل کردن تنه درخت فرامیرسد . منظور از اینعمل این استکه ازمقدار اکسید Cu_2O که بوسیله دمیدن هوای متراکم تولید شده کاسته شود ورفته رفته مس نزدیك بصددرصد خلوص حاصل شود .

دراینموقع سطح توده گداخته را ازسرباره پاك کرده ، دربها راکاملا بسته وگل گیری نموده وبعداً از دریچه چندتنه درخت سبز بقطر ۱۵ـ۲۵ سانتیمتر وبطول ۵ـ۸ متر،داخل کرده وبدرون توده مس جوشدار گداخته فرومیبرندومدتی نگاه میدارند . گرمای کوره دراین موقع بحدی میباشد که تنه های درخت رامبدل به « ذغال چوب نیم سوز »مینماید ودر

عوض مقداری بخار آب H_2O، اکسید دو کربن CO و ئیدروژن و ئیدروکاربور های مختلف بیرون میدهد. گازهای نامبرده اکسید های مس را که عبارتند از CuO و Cu_2O احیاء نموده ومبدل بمس خالص آزاد مینمایند.

شکل (۱٦۷) نمای کارخانه الکترولیز مس بطریقه مضاعف

خاتمه عملیات ازروی شکل ورنك مقطع نمونهٔ قضاوت میشود و وقتیکه مس خالص کاملا «رسیده» شد منفذ خروجی کوره را باز کرده وآنرا درقالب های مختلف برحسب مصرف میریزند. درجه گرمای ریختن مس خالص در قالب باید نسبتاً پائین باشد زیرا اگر مس خیلی گرم باشد درقالب بالاآمده وتمام آنرا پر نمیکند.

امروزه در بسیاری از کارخانجات بزرك تصفیه مس، قالب ریزی بوسیله ماشین انجام میگیرد. دراین جا باید متذکر شد که در این تصفیه البته نمیتوان طلا و نقره ایکه در مس موجود است بیرون آورد ودر تصفیه آتشین،فلزات نامبرده در مس باقی میمانند ازاین جهت برای آنکه: اولا مس خالص تری بدست آید و ثانیاً طلا ونقره موجود درمس را استخراج نمایند طریقه «تصفیه الکتریکی» وضع گردیده است.

تصفیه الکتریکی یاالکترولیز مس - مقصود ازتصفیه الکتریکی دوچیزاست: اول دفع ناخالصیها و بدست آوردن مس خالص تجارتی که عیاران نزدیك به صد در

صد باشد.

دوم استخراج فلزات گران بها از قبیل طلا و نقره که در مواد اولیه مس طبیعتاً موجود بوده و یا اینکه در مواد گداز آوزی بوده که عمداً با بار اصلی کوره مخلوط شده است.

بطوریکه گفته شد در طریقه تصفیه با آتش اولا نمیتوان مس زیاد خالص ساخت و ثانیاً فلزات قیمتی همچنان در مس باقی میمانند و در خرید و فروش مس قیمتی برای آنها قائل نمیشوند.

طریقه الکتریکی بر اصول و دستورات کلی الکترولیز استوار گشته و بطور ساده عبارت است از حل کردن مس در محلول اسید سولفوریك و تشکیل کات کبود $CuSO_4$ و تجزیه و تفکیك الکتریکی آن.

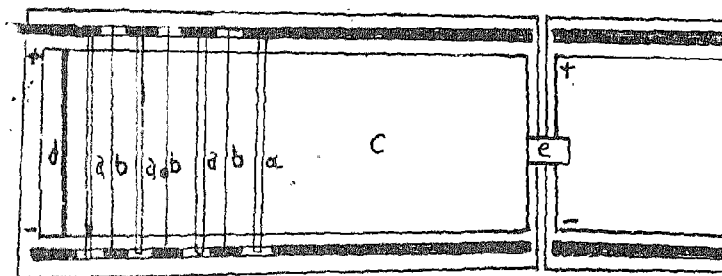
هرگاه سولفات مس را در اسید سولفوریك رقیق H_2SO_4 حل کنند، سولفات باجزاء متشکله یا یونهای (Cu)[1] و (SO_4) تجزیه و تفکیك میگردد. حال اگر یك جریان برق خفیفی در این محلول عبور داده شود هریك از یونها طبق بار الکتریکی که دارد تقسیم شده و هر کدام بطرفی میرود: مثلا سولفات SO_4 چون دارای یون منفی است بطرف قطب مثبت جذب میشود و روی سطح «انود» بار الکتریکی خود را از دست میدهد درصورتیکه یونهای مس Cu چون حامل بار الکتریکی مثبت هستند بطرف قطب منفی یعنی « کاتود » جذب شده و بار خود را روی آن قطب میگذارند و بصورت ذرات مس خالص مترسب میگردند.

در عمل، انود که عبارت است از قطعه مس نا خالص و کاتود که عبارت است از یك قطعه مس صد درصد خالص در حوضی که محتوی محلول سولفات مس و قدری اسید سولفوریك ازاد است آویزان میباشند. در نتیجه عبور جریان الکتریسته از درون حوض، مس از انود حل شده وارد محلول گشته و از محلول روی کاتود مینشیند. در این بین ناخالصیهای موجود در انود یا روی قطعه مس ناخالص خورده

Ions — ۱

شده وهمچنان باقی میمانند ویا اینکه داخل محلول گشته و بشکل ذرات غیر قابل حلی در میآیند. آنچه برروی سطح انود باقی میماند بعداً در ته حوض رسوب کرده، ته نشین شده و بشکل لجن [۱] در میآیند.

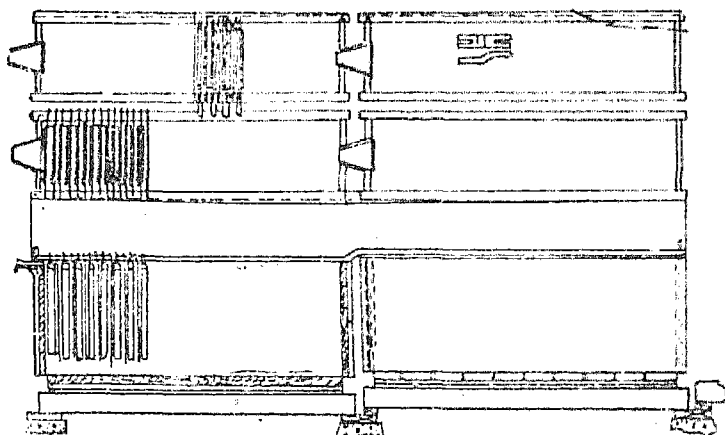
الکترولیز مس وتصفیه آن دورد وطریق انجام میگیرد : ۱ ـ طریقه مضاعف [۲] ۲ـ طریقه پی درپی [۳] و چون به دلائل وجهاتی طریقه مضاعف عملی تر از طریقه پی درپی میباشد لذا اغلب کارخانجات تصفیه مس که مجهز بدستگاه الکترولیز میباشند نوع مضاعف را بکار میبرند. اینك بشرح هریك ازآنها می پردازیم :

طریقه مضاعف یا (پارآلل) (۲)ـ در این طریقه انودها وکاتودها که هر دو در حوض الکترولیز آویزان میباشند بطور مضاعف بیکدیگر متصل هستند. نیروی الکتریسته، درشدت و اختلاف سطح مناسب بحوض الکترولیز هدایت شده وازانود عبورکرده داخل محلول کات کبود گشته وبعداً بهداخل کاتود میرود و بدین شکل فلز مس ناخالص را از انود حل کرده ومجدداً بحالت خالص روی سطح کاتود مترسب میکنند. عناصر غیر قابل حل درحوض ته نشین گشته ومعروف به لجن انود [٤] میباشند. در نتیجه این تجزیه الکتریکی بتدریج برضخامت «کاتود» افزوده میشود. لذا پس از هر چند مدت کاتود ها را از حوض بیرون آورده ومس خالصیکه روی آنها نشسته

شکل (۱٦۸) طرز اتصال انود و کاتود در حوضهای الکترولیز

جدا مینمایند و کاتود اصلی را مجدداً در حوض آویزان میکنند. انود های حل و خرده شده را از حوض خارج کرده، شسته وبعداً دو مرتبه درکوره انود ریزی گداخته

---

۱ ـ Slime   ۲ ـ The Multiple Process   ۳ ـ The Series Process   ٤ ـ Anode-slime

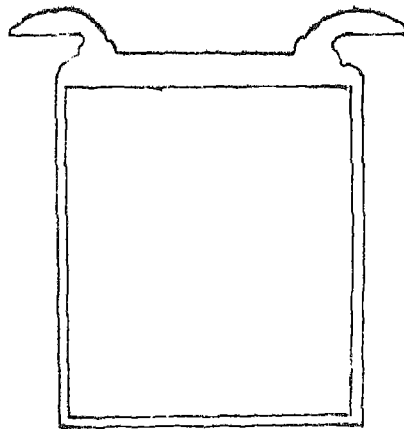
وانودهای تازه میریزند

شکل (١٦٩) نمای قائم وافقی حوضهای الکترو لیز و طرز اتصال انود و کاتود

اثرات ورفتار ناخالصیها ـ مهمترین وموذی‌ترین عناصریکه درمس جوشدار که از دستگاه تبدیل کننده حاصل میشود ودرطریقه مضاعف تصفیه الکتریکی میگردد عبارتند از آرسنیك ، انتی موان ، بیزموت ، سرب، طلا ونقره ارسنیك . درحین تجزیه الکتریکی از مس انود جدا شده ودر محلول سولفات مس مبدل به As_2SO_4 وبشکل اکسید As_2O_3 بداخل لجن حوض ته نشین میشود . از اینجهت باید مقدار ارسنیك در محلول الکترولیت کمتر از ۱/۲۵ ٪ باشد ، زیرا مشاهده شده است که اگر هر آینه اختلاف سطح به ۰/۳۵ ولت وشدت جریان در حدود ۱۵ ـ ۲۰ آمپر در فوت مربع باشد ؛ ومقدار آرسنیک در محلول الکترولیت به ۰/۰۲ برسد آنوقت عنصر مزبور با مس روی کاتود مترسب میشود یعنی داخل مس شده و ازخلوص آن میکاهد .آنتی موان عیناً مانند ارسنیک عمل میکند ولی قدری دیرتر مترسب میگردد اما برعکس بیزموت زودتر از آرسنیك رسوب میکند و بداخل مس خالص کاتود میرود ولی خوشبختانه مقدار آن در مواد معدنی مس چندان زیاد نیست لذا معمولاً خالتی در جریان عمل الکترولیز نمیکند .

سرب تبدیل به سولفات سرب $PbSO_4$ شده وچون در محلول الکترولیت کاملاً غیر قابل حل است ته نشین شده و «با لجن انود» مخلوط میشود .

طلا ونقره نیز چون در محلول الکترولیت غیر قابل حل هستند بداخل لجن انود رفته و ته‌نشین میگردند .

انود ـ Anode ـ پس از آنکه مس سیاه و یا جوشدار را از دستگاه تبدیل کننده بدست آوردند آنرا در کوره شعلهٔ کوچك «انود» سازی گداخته و بوسیله تنه درخت عمل «پرشارژ» را انجام میدهند تا اینکه اکسیژن و SO_3 موجود در آن کم گردد، بعداً آنرا در قالب های انود شکل زیر ریخته و به کارخانه تصفیه الکتریکی میفرستند . اندازه و ابعاد انود تاحدی مربوط بوسائل و تجهیزات کارخانه تصفیه میباشد .

ابعاد انود ممکن است در حدود ۰/۷۵ متر طول، ۰/۶۰ متر عرض، ۲/۵ سانتی متر کلفتی و بوزن ۱۰۰ کیلو گرام باشد و یا اینکه ۰/۹ × ۰/۹ بوده و بوزن ۳۲۰ کیلو گرام در آید .

شکل (۱۷۰) برش قائم یك انود

انودها را بوسیله جر اثقال متحرك بداخل حوض های الکترولیز داخل کرده ولبه آنها را روی میله‌های اتصال الکتریکی قرار میدهند . انود باید طوری ریخته شده شده باشد که تمام آن درحوض بطوریکنواخت و بتدریج حل و خورده شود زیرا اگر یکنواخت حل نگردد افت آن زیاد خواهد بود . یك انود باندازه های بالا و بکلفتی ۱/۴ ـ ۵ سانتی‌متر باید درحدود ٤ـ٦ الی هفته خورده و حل شود .

ترکیب شیمیائی آن بر حسب عمل دستگاه تبدیل کننده و گداز در کوره انود

ریزی تغییر میکند ولی نباید مقدار مس محتوی کمتر از ۹۵٪ باشد و بعلاوه تا خالصیهای زیادی دربر نداشته باشد واگرنه عمل تصفیه الکتریکی خوب انجام نخواهد گرفت . بطور متوسط آنچه از انودباقی میماند که بایستی مجدداً در کوره انودریزی گداخته شود بایستی بین ۸ـ۱۰٪ وزن اصلی آن باشد و نباید از ۱۵٪ وزن تجاوز کند .

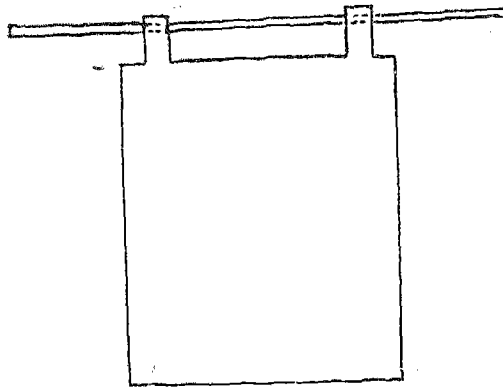
کاتود- Cathode - کاتود یا «صفحات آغاز کننده» عبارت ازیکصفحه نازک مس خیلی خالص است که بیك میله مسی بوسیله دو قلاب عریض وصل شده و در حوض الکترولیز بین هردو عدد انود معلق میباشد . ابتدا سطح کاتود را روغن زده و قدری گرافیت بسیار نرم روی آن میپاشند . کلفتی صفحهٔ آغاز کننده یا «کاتوداصلی» درحدود ٦ میلیمتر است ولی طول وعرض آن قدری کمتر ازطول وعرض انود ها میباشد .

پس از ۷ـ۱٤روز، کاتودها را ازبین انود ها بوسیله جر اثقال متحرك از درون حوضها بیرون آورده ولایه مس خالصیکه روی آنهادرحوض نشسته ورسوب کرده بادست جدا میکنند وپس ازنظافت وبازرسی ، صفحات آغاز کننده را از نو استعمال میکنند کاتودهائیکه باین قسم بدست آمده مجدداً درکوره شعلهٔ گداخته شده ومس خالص را باشکالیکه دربازار مورد نیازاست بشکل قطعه ،میله یا شمس میریزند .

مس خالصی که از تصفیه الکتریکی بدست میآید بشکل ورقه و صفحه بوده ودراین حالت،نمیتوان مستقیماً درکارهای صنعتی بکاربرده شود . حال برای اینکه مس الکترولیتکی کاملا چکشخوار و قابل تورق و مفتول شدن بشود باید مختصری Cu_2O بآن اضافه نمود،از اینجهت کاتودها را مجدداً در کوره شعلهٔ کوچکی موسوم به کوره «کاتود» گداخته وبوسیله آتش،یك تصفیه نهائی نموده سپس وآنرا باشکالیکه مورد تقاضا ولزوم است درقالبهای مخصوص میریزند وبه بازارعرضه میدارند .

معمولا فاصله بین انودها یعنی از محورمرکزی یك انود تامحور مرکزی انود دیگر، درحدود ۱۰ـ۱۲ سانتیمتر است . اگر این فاصله کم باشد قطعات خورده شده مس ولجن انود ورسوبات دیگرممکن است بین این فضا قرار گیرد و تولید جریان

کوتاه (۱) بنماید، واگرزیادتر ازاین مقدار باشد به مقاومت بیهوده افزوده میگردد درنتیجه، مس کمتری روی کاتود مترسب میشود ونیروی الکتریسته تبدیل به نیروی گرمائی میگردد ودرجه گرمای الکترولیت را بالا میبرد.

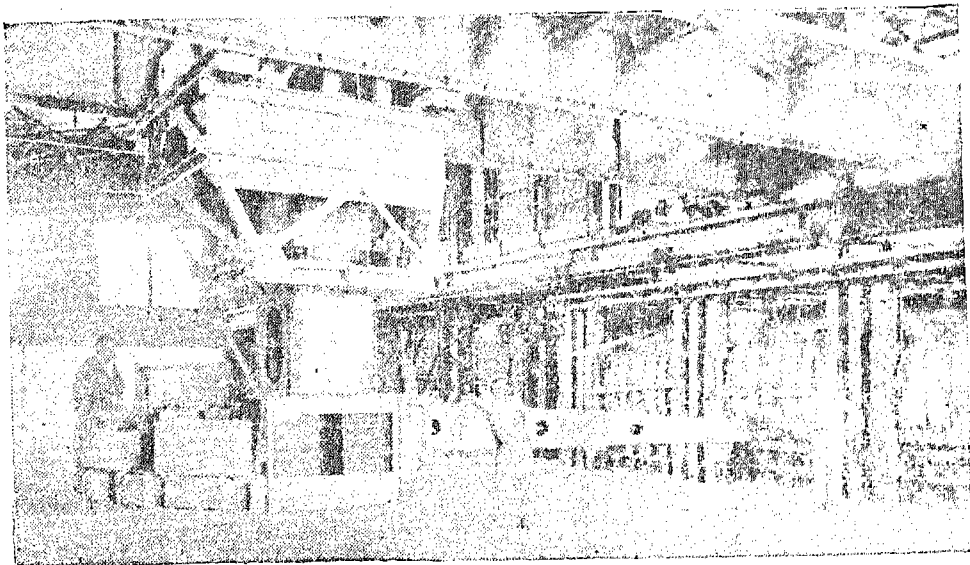
محلول حوضهای تصفیه یا الکترولیت - Elecrolytes ـ محلولیکه در آن عمل تجزیه وتفکیك الکتریکی صورت میگیرد باید درحدود ۳ـ٤٪ مس و۱۰ـ۱٦٪ اسیدسولفوریك H_2SO_4 آزاد داشته باشد و اگر هر آینه مقدار مس به ۲/٥٪ تنزل باید خطر رسوب شدن آرسنیاك با مس در پیش میآید؛ اما اگر مقدار اسید سولفوریك آزاد ازحدبالا تجاوز کند عمل‌پولاریزاسیون Polarization درمحلول کات‌کبود آغاز میگردد و عمل تجزیه الکتریکی را مختل میسازد. گرمای محلول باید همیشه بین ٤۰ ـ ٦۰ درجه سانتی‌گراد ثابت بماند و البته هر قدر مقدار

شکل (۱۷۱) برش قائم یك کاتود

گرما نزدیك به ٦۰ درجه برسد جریان عمل بهترصورت میگیرد. محلول‌الکترولیت نباید درحوض آرام بماند وباید همیشه ازحوضی به حوض دیگری در جریان باشد. ازاین لحاظ حوض ها را طوری میسازندکه محلول از حوض های بالا بطرف حوض های‌پائین‌بجریان‌بیافتند. هرقدرشدت‌جریان‌الکتریسته‌ودرجه گرمای‌محلول‌الکترولیت درحوضها زیادترباشد،سرعت جریان محلول ازحوضی به حوض دیگرباید بیشترباشد ولی از طرفی جریان نباید طوری شدید باشدکه مانع ته نشین شدن مواد غیر قابل

Short - circuit — ۱

حل‌واجن‌انود بگردد. دراینجانبایدفراموش کرد که‌محلول‌الکترولیت‌در نتیجه‌حل‌شدن ناخالصیها بعد ازمدتی از حیز انتفاع‌میافتد ودیگر برای تجزیه الکتریکی مس مفید نخواهد بود ؛ در اینصورت باید محلول کهنه را بر داشت و بجای آن محلول تازهٔ ساخت .

مهمترین نا خالصیها که در محلول جمع میشوند عبارتند از:آرسنیك ، نیکل آنتیموان ،بیزموت و آهن این عناصر را ممکن است بوسیله عمل‌تبلو ورسوب‌دادن برطرف نمود ومحلول کات‌کبود تصفیه شده را مجدداً در حوض ها استعمال کرد .

شدت جریان (۱) ـ شدت جریان بین ۱۵ و۲۵ امپر درفوت مربع‌تغییر میکند و دو عاملیکه در تعیین مقدار شدت جریان مؤثر میباشند عبارتند از ارزش و بهای تولید نیروی برق وترکیب شیمیائی انود .

شکل(۱۷۲) کورهٔ شلمهٔای گداز کاتود

سقوط اختلاف سطح در حوض ها بین ۰/۲ ـ ۰/٤ ولت میباشد . از نقطه‌نظر اصول الکترولیز،یك آمپر ساعت میتواند مقدار ۱/۱۸۶ گرام‌مس را از محلول کات کبوت

Current Density — ۱

که مقدار یک $CuSO_4$ ته نشین نماید، یعنی درحدود ۳۸۲/۵ آمپر ساعت لازم است
پاوند یا ۰/٤٥٣٦ کیلو گرام مس را از محلول گرفته وروی کاتود مترسب نماید.
در حقیقت ودرعمل مقدار نیروی لازم بین ٤٠٠ - ٥٠٠ آمپر ساعت میباشد

۳ - طریقه پی در پی-(۱) در این طریقه الکترودها را در داخل حوض ها بطریق پی در پی In series بهم متصل میکنند؛ چونکه اینجا دیگر احتیاجی به کاتود جداگانه و صفحات آغاز کننده نمی باشد زیرا هر انود نیز بمنزله کاتود کار میکند بدینمعنی مس از یك طرف انود در محلول کات کبود حل شده وروی طرف یاسطح دیگر رسوب میکند. در طریقه پی در پی دو نوع انود بکار میرود.

اول طریقه پی در پی با انود نورد شده دوم با انود ریخته شده . انودهارا بطوریکه در شکل نمایان است در حوض هائیکه بابعاد ٤ متر طول و ۰/۷۵ متر عرض و ۰/۸٥ عمق میباشند از میله های جریان الکتریسته آویزان میکنند ، و در هر حوضی تعداد ۱۲٥ انود الکترود به ابعاد ۰/٦۰ متر طول و ۰/۳۰ متر عرض بکار برده میشود

وقتیکه جریان الکتریسته وارد حوض میگردد بغیر از دوتائیکه در ابتداء وانتهای حوض قرار گرفته اند سطوح الکترودها که بطرف ورود جریان است دارای بارمنفی و سطوحی که طرف خروج جریان است دارای بار الکتریکی مثبت میشوند.

جریان مثبت که از درون یك الکترود عبور میکند باعث میگردد مس حل شود وروی سطح منفی الکترود بعدی مترسب گردد و بدینطریق از یک طرف مس در محلول حل میشود وروی طرف دیگر مینشیند تا اینکه تمام سطح الکترود از مس مترسب تشکیل شود . دراین طریقه هم، عین طریقه مضاعف که ذکر شد ، ناخالصیها منجمله فلزات گران بها که درمحلول کات کبود غیرقابل حل هستند وارد محلول شده ودر کف حوض ته نشین شده و بشکل لجن درمیآیند .

پس از آنکه الکترودها از مس رسوب شده ترکیب شدند آنها را بجر انتقال ازدرون حوضها بیرون آورده و سپس در کوره شعلهٔ گداخته و باشکال مورد تقاضا

۱- The Series Process

درمیآورند. شدت جریان در این طریقه باندازه طریقه مضاعف میباشد ولی چون الکترود ها در حوض بشکل پی در پی بیکدیگر متصل هستند مقدار جریانیکه در هرحوض مصرف میشود بمراتب کمتر از طریقه مضاعف است: مثلا در طریقه مضاعف، یك حوض که محتوی ٤٥٠ فوت مربع سطح رسوب شده میباشد احتیاج به ١٠٨٠٠ آمپر دارد در صورتیکه در طریقه پی در پی حوضیکه دارای ٢٣ فوت مربع سطح رسوب شده میباشد فقط احتیاج به ٤٦٠ آمپر دارد، چون دراین طریقه شدت جریان بمراتب کمتر است لذا هیچگونه احتیاجی بمیله و باردامنیبوس های [1] قوی نمیباشد و افت الکتریکی در نقاط اتصال کم و بیش ناچیز است.

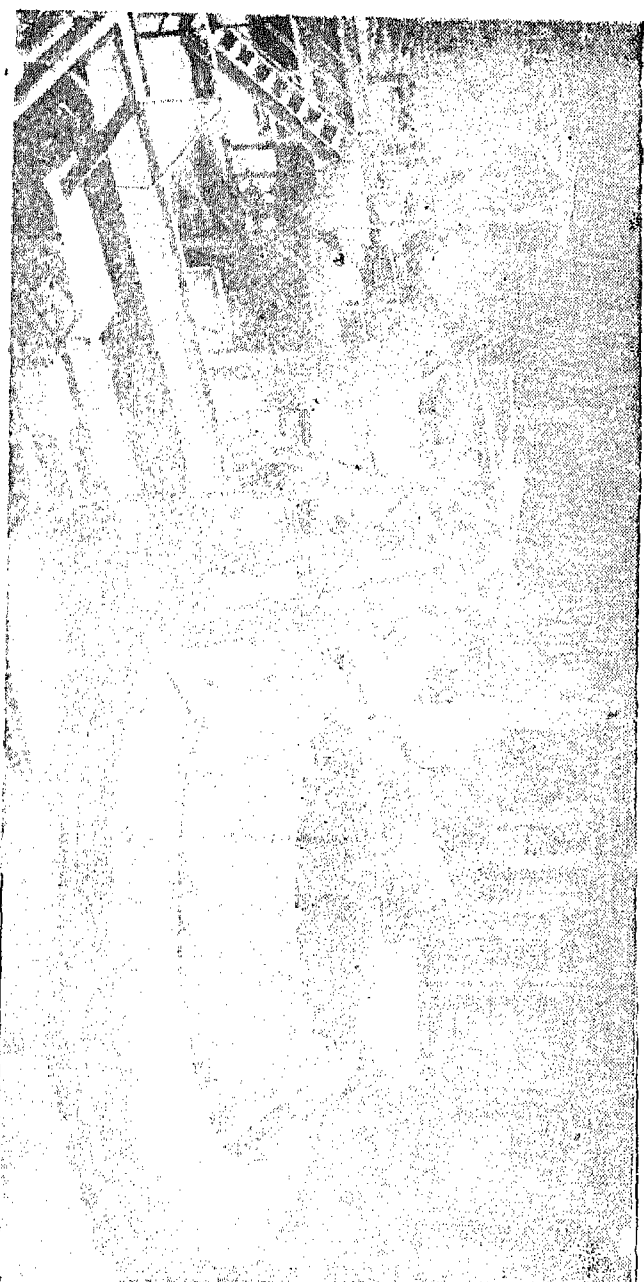
بطوریکه گفته شد طریقه مضاعف بیش از طریقه پی در پی متداول و معمول است ولی هریك از آنها دارای محسنات و مزایای بخصوص بوده که در اینجا بطور مقایسه ذکر میگردد.

محسنات طریقه مضاعف - ١ - در طریقه مضاعف میتوان انودی بکار برد که مجموع نا خالصیهای آن حد اکثر به ١٪ برسد. وطلا و نقره محتوی آن تا ٣١ کیلو گرام در تن باشد، در صورتیکه در طریقه پی در پی باید انودی بکار رود که مجموع نا خالصیهای آن از ١٧ /٠٪ بیشتر نباشد و بیش ٣/١ کیلوگرام در تن طلا و نقره نداشته باشد.

٢ - در طریقه مضاعف انود و کاتود ها را میتوان بوسیله جر انقال و ماشین نقل و انتقال داد در صورتیکه چون اندازه آنها در طریقه پی در پی کوچکتر است لذا با دست و نیروی انسانی انجام میگیرد.

٣ - در طریقه مضاعف نظر به فاصله بیشتر بین کاتود و انود (الکترود ها) و فضای خالی بین آنها وجدار طرفین حوض ها محلول الکترو لیت بهتر میتواند جریان داشته باشد بدون اینکه لجن هارا تحریك نماید و با خود از حوضی بحوض دیگری ببرد.

---

١ — Bus Bars

شکل(۱۲۳) ـ ماشین اَنود ریزی خود کار

مزایای طریقه پی در پی از اینقرار است:۱ ـ چون مسافت و فاصله بین الکترود ها کمتر است از اینجهت سقوط و اختلاف سطح الکتریکی کمتر بوده و در حدود ۰/۱۵ ـ ۰/۳۰ میباشد و معنی آن این است که برای اینکه یك مقدار معین مس مترسب گردد فقط نصف نیروی الکتریکی لازم میباشد .

۲ ـ نظر بکمی مقدار جریان الکتریسته در اینطریقه احتیاجی به میله وهادیهای الکتریکی بزرك (بار دامنیبوس) نمیباشد و میتوان صرفه جوئی زیادی در مصرف مس نمود .

۳ ـ باز مانده ایکه در طریقه پی در پی باقی میماند کمتر از طریقه مضاعف بوده و بین ۳ ـ ۸٪ میباشد ، در صورتیکه در طریقه مضاعف بین ۱۰ ـ ۱۵٪ است

٤ ـ مقدار مسی که در یك کیلوات روز در طریقه پی در پی باشدت جریان ۱۸ آمپر در فوت مربع بدست میآید درحدود ۱۵۳ کیلو گرام است در صورتیکه در طریقه مضاعف ۷۸ کیلو گرام یا نصف آن میباشد، یعنی مصرف نیروی الکتریسته در طریقه پی در پی نصف طریقه مضاعف است .

در طریقه مضاعف حوض هارا باید با سرب ورق پوشانید ولی درطریقه پی در پی یك عایق خوب کافی میباشد .

اگر چه هزینه راه انداختن وعمل در هردو طریقه یك اندازه است ولی چون درطریقه مضاعف میتوان هرنوع مسیرا به کار برد لذا بیش از طریقه پی در پی متداول ومعمول گشته است وبازده آن بیشتر است .

استخراج فلزات گران بها طلا و نقره از لجن ـ موقعی که تصفیه الکتریکی مس در حوضهای الکترولیز در شرف وقوع است عناصر غیر قابل حل درمحلول کات کبود بتدریج در کف حوض ها ته نشین شده و تشکیل یك لجن سیاهی که مقدار آن در حدود ۱ ـ ۳٪ وزن اصلی انودها میباشد میدهند .

ترکیب شیمیائی لجن انود به از مختلف و بر حسب ترکیب شیمیائی انود ها تغییر میکند و عناصریکه در آن وجود دارند از اینقرارند:

مس ۱۱/۰۱ ـ ۱۹/۸ ٪ ، نقره ۵۳/۶۸ ـ ۵۷ ٪ ، طلا ۰/۲۸ ـ ۰/۳۰ ٪ ،

پلاتینم ۰٫۰۰۰۱ ٪؛ سرب ۰٫۹۱ ـ ۵٫۲۶ ٪؛ آنتی موان ۲ ـ ۶٫۷۶ ٪؛ آرسنیک ۲٫۱ ـ ۵٫۴ ٪؛ بیزموت ۰٫۴۵ ـ ۵٫۷ ٪؛ نیکل ۰٫۱۳ ٪؛ کبالت ۰٫۰۰۶ ٪؛ آهن ۰٫۱۴ ٪؛ روی ۰٫۰۶ ٪؛ سیلیسیم ۰٫۳۹ ـ ۲ ٪؛ تلوریوم ۱ ـ ۳٫۵۶ ٪.

وقتیکه مقدار کافی لجن سیاه در کف حوضها جمع شد، محلول الکترولیت را خالی کرده ولجن هارا خارج نموده ودر یک حوض دیگری جای میدهند و پس از آنکه قطعات فلزی که اتفاقاً درلجن افتاده بادست ویا بوسیله غربال برداشته شد، آنگاه لجن را چندین مرتبه باآب خالی شسته و بعد ازشستن وبرطرف کردن امید زیادی آنرا بوسیله صافی میکانیکی صاف کرده و بصورت قطعه یاتیکه درمیآورند و خشک میکنند. و پس از انجام اینعمل در یکی ازدوطریق زیر فلزات گرانبهای موجود را استخراج مینماید.

۱ ـ گداز مستقیم ـ دراین طریقه قطعات و تیکه‌های لجن خشک شده رادر کوره شعلهٔ کوچکی بامقدار کافی سیلیس و کربنات‌دوسودمخلوط کرده و گرمامیدهند تاناخالصیهای موجود اکسیده شده وتشکیل سرباره سیالی بدهند. سرباره را برطرف نموده ومخلوط فلزیکه بدست میآید درکوره کوپلاسیون عمل کرده تاطلا ونقره بصورت همبسته در آیند.سپس بطریقیکه بعداً درمبحث طلا و نقره ذکر خواهد شد هردو را ازیکدیگرجدامیسازند

یااینکه قطعات وتیکه های لجن رادرکیسه های کاغذی ریخته وکیسه هائی بوزن ۴ ـ ۵ کیلوگرام تهیه نموده وآنهارا بترتیب دریک کوپل بزرگ که محتوی سرب گداخته میباشد فرو میبرند. البته پس ازخاتمه عمل کوپلاسیون طلا ونقره را بطریقیکه بعداً ذکرخواهدشد ازیکدیگر جدا میسازند

این دو طریقه وقتی بکار میروند که در نزد یکی کارخانه تصفیه مس، کارخانه استخراج سرب موجود باشدتااینکه ازمحصولات فرعی که درحین عمل بوجود میآیند کمال استفاده رابنمایندوالا مقدار افت طلا ونقره زیاد خواهد بود.

۲ ـ گداز غیر مستقیم ـ اینطریقه که در اغلب کارخانجات مرسوم ومعمول گشته عبارت است از قراردادن تیکه های لجن صاف وخشک شده دریک کوره شعلهٔ و گرما

دادن آن تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۱۲ ساعت . اینعمل کلیه مس موجود در لجن را اکسیده نموده و مبدل به CuO کرده و اغلب ارسنیك آنتی موان وروی را تبخیر و متصاعدمیکند؛بعداًمحصول تشویه شده رادرحوضهائیکه ازقطعات سرب پوشیده شده بااسید سولفوریك H_2SO_4 (۱۵٪) گرم مخلوط نموده وهم میزنند.عناصر تلوریم وسیلینیم را باعبور دادن محلول از روی فلز مس،رسوب دادوبرطرف نمود،بعداً محلول صاف شده‌سولفات‌مس‌رابه‌حوضهای اصلی الکتر و لیز عودت داده و آنچه پس از عمل با اسید سولفوریك باقی میماند، شسته و در کوره شعله‌ای موسوم به‌کوره دوره Dorée با مقداری مواد گداز آورمناسب گداخته، تا خالصیها را اکسیده نموده و یك محصول فلزی که مخلوط از طلا و نقره میباشد و موسوم به‌Dorée است بدست میآورند . سپس فلز دوره‌را بطریقه Ballbach-thum و یاطریقه‌Moebius الکترولیز کرده‌وطلاو نقره‌راازیکدیگر جدانموده وبصورت شمش‌در میآورند .

استخراج مس بطریقه تر

استخراج‌فلزات ازمواد اولیه‌بطریقه تر و مرطوب،که‌به Hydrometallurgy مصطلح میباشد عبارت است از حل‌کردن مواداولیه دریك حلالیکه روی موادخاکی و قشر کان که با عناصر فلزی همراه‌اند اثر نکرده و فقط فلزات را درخودحل‌مینماید. پس ازصاف کردن ،عناصر حل شده را بطریقی رسوب داده و از محلول «مادر» جدا مینمایند . طریقه تر در استخراج طلا و نقره از سالها و قرون گذشته معمول بوده ولی استفاده از آن برای استخراج فلزاتی مانند مس ـ سرب و روی در نیم قرن‌اخیر بسیار معمول گردیده . البته‌هرقدراینگونه‌فلزات‌درماده‌معدنی‌ضعیف‌ترمیگردند طریقه تر متداول‌تر میشود . دراینجا بایدمتذکر شد که طریقه‌تر بیشترمناسب‌عناصر فلزیست که اولا در موادوسنگهای‌معدنی‌خیلی کم و بطورپراکنده ومنتشر بوجودآمده و مواد خاکی و قشر زمین که با آنها بهمراه‌انددرحلالهای‌مختلف‌قابلیت‌حل شدن رانداشته‌و بطور غیر قابل حلی در ته حوضها باقی میمانند . ساده‌ترین نوع،موردی است که مس در محلی‌اززمین‌بصورت سولفات طبیعی که در آب قابل حل است‌بوجودآمده‌باشد؛

بعداً بترتیب مواداولیه میآیند که در آنها مس بشکل اکسید و یا کربنات در آمده باشد ولی در باره مواد سولفوره باید ابتداء آنها را تحت عملیات مقدماتی قرار داد وسپس بشکل محلول درآورد .

مهمترین حلال‌ها که دراستخراج مس بطریقه تر بکار میروند عبارتند :–
از آب H_2O؛ اسیدسولفوریک H_2SO_4؛ اسید کلریدریک HCL؛ اسیدسولفورو H_2SO_3؛ سولفات آهن $Fe_2(SO_4)_3$؛ آمونیاک N_3H؛ کلرور آهن؛ گاز کلر؛ و اسیدازوتیک HNO_3. مسیکه بدین‌قسم در حلال حل میشودو بشکل محلول درمیآید پس از صاف کردن ودرآوردن آن بشکل محلول زلال بایستی بوسیله آهن Fe یا سولفور آهن (FeS) یاهیدرژن سولفوره (HS_2) ویاانیدریدسولفورو (SO_2) مترسب‌سازند ویااینکه محلول مس را در حوض‌های الکتریکی با انودهای غیر قابل حل روی کاتود که از مس‌خالص ساخته شده رسوب‌داده ومس‌خالص را بدست‌آوردند .

از محلولهائیکه در بالا ذکر شد (البته بغیر از آب) اسید سولفوریک از همه ارزانتر و متداول‌ترمیباشد ولی این نقص را دربر دارد که مواد سولفوره را حل نکرده ولی بسیاری ازمواد خاکی که در گانگ مواد اولیه موجوداست نیز حل میکند . اگر اسید نامبرده درحالت رقیق باشدمس راآسانتر و زودتر ازسایر عناصر یکه باهم موجودند درخودحل مینماید .

امونیاک و کربنات امونیاک در مجاورت و تماس با هوا میتواند بخوبی اکسید مس و فلز مس را در خود حل کنند ولی نمیتوان آنها را برای مواد مس‌دار سولفوره بکار برد و برعکس سولفات آهن بیش ازهمه حلالهای نامبرده بر روی مواد سولفورهٔ اثر کرده و آنها را در خود میگیرد .

انیدرید سولفوره SO_2 درآب تولید اسیدسولفورو H_2SO_3 میکند واین‌ماده محلل خوبی برای اکسیدهای مس وترکیبات دیگران میباشد و میتوان آنرا ازپیریت FeS_2 بسهولت ساخت وبکار برد .

نظر بگرانی قیمت ، محلل های دیگر در کارهای بزرگ بکار نمیروند و یاحل کردن مواداولیه مس‌دار دراسیدسولفوریک ، انیدریدسولفورو و اسیدسولفوریک و یادرامونیاک

وکربنات امونیاک، مس را بشکل سولفات و یاکربنات در آورده و بعداً محلول این دوملح را بوسیله یکی از طریق زیر ته‌نشین‌ساخته ومس خالص‌حاصل میشود .

رسوب مس‌رااز‌محلول مس در محلل‌های نامبرده در بالا بشکل نمك حل‌شده درآورده و مس را بیکی از این طرق : ۱ ـ الکترولیز ؛ ۲ ـ با آهن ؛ ۳ ـ بوسیله H_2S ؛ و٤ باگرما دادن‌رسوب داده ومس‌خالص بدست میآورند .

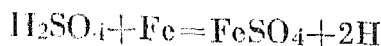
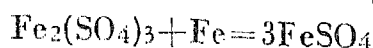
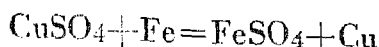
رسوب دادن بطریق الکترولیز عیناً مانند تجزیه و تصفیه الکتریکی میباشد وفقط فرقیکه دارد این است که در اینجا بایدانود غیر قابل حل‌باشد و جریان‌شدیدتر وبیشتری بکار رود . انودهای غیرقابل حلیکه تا بحال‌استعمال شده شامل انودسربی مانیتیت و سرب ، سیلیسیم و فرو سیلیسیم میشوند . با بکار بردن انود غیر قابل حل لازم‌است‌نیروی‌الکتریکی بیشتری بکار برد مثلا:

یك کیلوات ساعت میتواند با انود غیرقابل حل فقط۰/۸ پاوند یا۳٦۳٦ گرام مس رسوب نماید .   در طریق مضاعف۰/۸ پاوند یا ۳٦۳۰ گرام مس رسوب دهد . درطریقه پی‌درپی۱٤ پاوندیا٦۱۷۰ گرام مس رسوب دهد .

علاوه براین‌غلظت محلول را نمیتوان کاملا در اختیار داشت؛ زیرا همیشه مقداری سولفات‌آهن درمحلول کات‌کبود باقی میماند که درعملیات الکترولیز دخالت میکند و مس آزاد شده را مجدداً به داخل محلول برگردانیده و تبدیل به سولفات مس میکند .

$$Cu + Fe_2(SO_4)_3 = FeSO_4 + CuSO_4$$

۲ ـ رسوب‌دادن‌با آهن‌ـ آهن بهترین ماده‌برای رسوب دادن مس‌بشمارمیرود و خیلی متداول‌است؛ زیرا اول‌ارزان‌است وثانیاً‌میتوان بآسانی‌آنرا بشکل‌آهن‌کهنه و اسقاط در هر کجا بدست آورد.فعل و انفعالاتیکه در رسوب دادن مس روی آهن وقوع مییابد عبارتند از :

$$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu$$
$$Fe_2(SO_4)_3 + Fe = 3FeSO_4$$
$$H_2SO_4 + Fe = FeSO_4 + 2H$$

مس رسوب شده روی آهن (که اغلب در حدود ۹۰٪ خالص است) موسوم به مس سمانته میباشد و مقدار آهنیکه بدینمنظور بکار میرود باید تقریباً دو برابر مقدار مسی باشد که باید مترسب گردد . درسالهای اخیر بجای آهن اسقاط و کهنه آهن ابری که در نتیجه احیاء کردن سنگ آهن معدنی درجه یک بوسیله اکسید دو کربن بدست میآید زیاد بکار میبرند .

۳ ـ ئیدروژن سولفورو ـ عمل رسوب دادن مس را بوجه احسن انجام میدهد ولی از طرفی ساختن وتهیه آن گرانست و ثانیاً مس را چون در حالت سولفوره رسوب میکند لذا باید آنرا مجدداً گداخت تا مس خالص بدست آید .

$$H_2S + CuSO_4 = CuS + H_2SO_4$$

٤ ـ اگر مس در محلول SO_2 حل شود و Cu_2S و CuS بدست آیند و یا اینکه در امونیاک بشکل کربنات امونیاک مس در آورند میتوان مس را بوسیله حرارت دادن محلولهای نامبرده تبدیل باکسید مس کرده و بعداً آن اکسید را باکربن و عوامل احیاء کننده تبدیل به مس آزاد نمود .

بنا براین استخراج مس بطریق تر درسه مرحله انجام میگیرد و آنها عبارتند از: ۱ ـ شکستن و خرد کردن مواد اولیه و معدنی. ۲ ـ حل نمودن در حلال های مختلف ودر آوردن مس بصورت محلول. ۳ ـ رسوب دادن مس روی آهن ویاالکترولیز محلول مس دار. اینک چند مثال ذکر میشود .

طریقه نیکورنیلیا NewCornelia ـ این طریقه در کارخانه اژو واقعه در اروزونا ایالات متحده امریکا بکار میرود و شرح مختصر آن از اینقرار است

دراین کارخانه ابتداء موادمعدنی که اغلب بشکل اکسید میباشند ومحتوی مس آنها از ۱/۵ ٪ متجاوز است در ماشینهای سنگ شکن بزرگ شکسته و بقطعات کوچکتر ازیک سانتی متر قطر در آورده و بوسیله تسمه نقاله بداخل تانک یامخازن بزرگی

بابعاد ۳۰ × ۳۰ متر و بعمق ٦ متر کـه از بتون مسلح ساخته‌شده وارد نمـوده وبا محلول رقیق اسید سولفوریك مخلوط مینمایند.پس از مدت ٦ ـ ۸ روز محلول که با مواد مس داردر تماس بوده از زیر مخزن بیرون‌رفته و بعد از گرفتن آهن که ممکن‌است‌داخل‌سولفات‌مس‌بصورت‌سولفات‌آهن‌درآمده‌باشد درحوضهائی‌الکترولیز میکنند. انود هاراازسرب سخت‌شده میسازندو کاتوداز مس‌خالص‌بشکل‌صفحات‌آغاز کننده بین انودها در محلول سولفات مس معلق است.بقیه عملیات با جزئی تفاوت‌عیناً مانند تصفیه الکتریکی مس بطریقی که ذکر شد صورت میگیرد و مس خالـص روی کاتود مینشینند که‌پس‌ازجداکردن ازکاتود آنرا مجدداً در کوره کوچکی گداخته و باشکالیکه مورد تقاضااست درمیآورند.

۲ ـ شرکت مس شیلی ـ در کشور شیلی درناحیه چوکی کاماتاChuquicamata بزرگترین مؤسسه استخراج مس بطریق تر موجود است .دراینجا سنك معدنی و مواد اولیه مس عبارتند از سولفات مس طبیعی موسوم به بروکانتیت $Cu\,SO_4\,.\,5Ho$ و مقداری‌اتاکامیت $Cu_2ClH_3O^3$.این موادراابتداخردکرده‌وبعداً در مخازنی‌که هر یك بظرفیت ۱۱۵۰۰تن میباشند با اسید سولفوریك رقیق مخلوط کرده ومحلولیکه از یك مخزن بیرون میآید بداخل مخزن دیگری میرود تا اینکه رفته‌رفته‌درمحتوی‌مس‌ترغنی‌گردد.بدین‌ترتیب‌محلولیکه‌دارای‌مس‌میباشدبرای۷مرتبه از مخزنی به مخزنی فرستاده شده تا اینکه یك‌محلول‌سولفات‌مسی که‌مناسبت عملیات الکترولیزباشدبدست‌آید.آنوقت محلول‌نامبرده را درحوضهای الکیرولیـز کـه در آنها انود غیر قـابل حل موجود است تجزیه کرده ومس کـاتـود بـدسـت میـایـد

۳ ـ ناحیه ریو تینتو Rio ـ tinto ـ در اسپانیا، مواد معدنی که محتوی مس آنهاکم است در توده های‌عظیم روی‌زمین غیر قابل نفوذی چیده تااینکه در اثر هوا وعوامل‌جوی‌بمرورزمان‌تکلیس وتشویه‌شوند.بعداً آبیکه‌محتوی‌قدری‌اسید سولفوریك رقیق است ازدرون این توده ها که هریك محتوی ۱۰۰۰۰۰ تن سنگ معدنی‌میباشند عبور داده تارفته رفته مس آنها بوسیله آب حل شده و بصورت سولفات درآید؛سپس

بطریقی که در بالا ذکر شد مس را از ملح سولفات بوسیله الکترولیز بدست میآورند
شرکت Kennecott در الاسکا و شرکت Hecla در ایالات متحده امریکا امونیاك
را بعنوان محلل بکار میبرند ولی بقیه جریان عمل مانند طرق بالا است .

موارد استعمال مس - مهمترین و بزرگترین مصرف کننده مس خالص صنایع
الکتریسته وصنایع فرعی آن میباشند و بطوری صنایع مزبور برروی این فلز استوار
گردیده که بدون مس بسط وتوسعه آنها بهیچوجه امکان پذیر نیست در صنایع
الکتریسته مس اولا بصورت کابل ؛ سیم مفتول وهادیهای مختلف و ثانیاً بشکل ورق
صفحه ولوله بکارمیرود. مس بشکل لوله در دیگهای بخار لکوموتیوها و برای ساختن
ظروف مسی زیاد بکارمیرود . دردرجه دوم بزرگترین مصرف فلز نامبرده درساختن
همبسته های مختلف میباشد که مس در آنها فلز اصلی را تشکیل میدهد

مهمترین همبسته های مس عبارتنداز برنج ، مفرغ ، ورشو و فسفر برنز

برنج - برنج همبسته ایست از مس وروی . گاهی او قات مقدار جزئی قلع یا
سرب یاعناصر دیگری در آن داخل میکنند که به برنج خواص مخصوصی اعطاء نماید
برنجیکه بیشتر درکار های فلزی مورد استعمال دارد همبسته ایستکه از $\frac{2}{3}$ مس و $\frac{1}{3}$
روی ترکیب شده است.انواعی که محتوی ٦٠ ـ ٧٥ ٪ مس و بقیه روی میباشند نیز
مورد استعمال بسزائی دارند. برنج هائیکه برنگ زرد برنجی هستند محتوی ٧٠ ٪
مس و ٣٠ ٪ روی بوده وآنهائیکه ٨٠ ـ ٩٠ مس و ٢٠ الی ٣٠ ٪ روی دارند برنگ
قرمز در میآیند .

از نقطه نظر ساختمان درونی ، برنج آلفا برنجی است که محتوی روی آن کمتر
از ٣٦ ٪ باشد. این برنج ها خاصیت چکشخواری درحالت سرد نیز دارند زیرا از
محلول آلفا تشکیل شده اند .

برنج آلفا باضافه بتا برنجی است که محتوی روی آن بین ٣٦ ـ ٤٩ ٪ باشد واین
نوع برنج وقتی خاصیت چکشخواری بخود میگیرد که گرم باشد زیرا در حالت سرد
کاملا شکننده میباشد

برنج بتا وبتا باضافه گاما برنجی است که مقدار روی در آن از
٤٩ ٪ تجاوز کند ؛ برنجهای مزبور را نمیتوان چه درحالت سرد و چه در حالت گرم

چکش کاری کرد وفقط مناسب برای ریخته گری برنجی میباشد . بطورکلی میتوان چنین استنباط کرد که اضافه نمودن فلز روی بمس همبستهٔ بوجود میآورد که ارزان تر وسخت تر و پر استقامت تر از مس خالص بوده و در عین حال دارای همان خواص چکشخواری ، تورق و مفتول شدن بوده و در مقابل اسیدها و قلیائیها مقاومت بهتری نشان میدهد . ولی این نکته رابابد متذکر شد که هدایت گرما و الکتریسته در برنج کمتراز مس میباشد.

برنج را بشکل ریخته ،ورق و صفحه ، سیم و مفتول ولوله زیاد بکار میبرند برنج زنگ نمیزند و بدینواسطه در قسمتهای مختلف ساختمان ماشینها بکار میرود . برنج مادهاولیه فشنگ بوده واز این لحاظ اهمیت بسزائی دارد .

مفرغ یا برنز- برنز همبسته مس وقلع است وگاهی اوقات مقادیرجزئی ازعناصر دیگر برای دادن خواص بخصوص بآن اضافه میشود . متداولترین نوع برنز همبسته ایست که محتوی ۱۰ قلع وبقیه مس میباشد .کلیه همبسته های مس وقلع که محتوی قلع آنها تا ۱۲٪ است از محلول جامد آلفا تشکیل یافته اند.مفرغ از برنج گرانوتر، سختتر و درمقابل عوامل جوی واسیدها مقاومت بیشتری ازخود نشان میدهد و بدین مناسبت در کارهای مجسمه سازی زیاد بکار میرود . مفرغ را اغلب برای ساختن کاسه «برینك» Bearing و قسمتهای مختلف درونی تلمبه و چرخ دنده وچرخهای مختلف وسوپاپها بکارمیبرند .

فلز توپ مفرغی است که محتوی ۱۰٪ قلع باضافه ۲ ٪ روی و یا ۸٪ قلع و ٤٪ روی و بقیه مس میباشد.فلزیکه برای ساختن زنگها بکار میرودمحتوی۱۵ـ۲۵٪ قلع و بقیه مس است ،این همبسته دارای صدای خوش آهنگی بوده و از اینجهت در ساختن زنگهای ساعتهای بزرك و زنگ کلیسا وغیره زیاد بکار میرود .

برنز مانگانیز برنزیاست که ۰/۳ ـ ٤٪ مانگانیز اضافه برقلع ومس دارد

برنز فسفر دار برنزیست که بین ۰/۲ ـ ۰/٥٪ فسفر داشته باشد،زیرا فسفر نیرو واستحکام برنزرازیاد میکند. برنز الومینیم و برنز سیلیسیم ازانواع دیگر این همبسته بشمار میروند

که هر یک مورد استعمال بخصوصی دارد

استخراج مس در ایران

مس یکی از چند فلزیست که طرز استخراج و گدازان از مواد معدنی و درآوردن آن باشکال مختلف بر صنعتگران باستانی این کشور کهن‌سال که مدتی مهد تمدن بوده کاملا معلوم و آشکار بوده‌است، زیرا از مس اشیاء زیادی از قبیل سر نیزه - تیر - سپر ظروف‌های مختلف و آلات دیگر درطی قرنهای گذشته ساخته و مورد استفاده قرار میدادند. متأسفانه اطلاعات صحیح وجامعی راجع باینگونه فعالیت ها که بشکل کتاب یاجزوه جمع آوری شده باشد در دست نیست وتابحال تحقیقات وتجسساتی راجع بتاریخ استعمال فلزات و باصطلاح متالورژی باستانی دراین کشور نشده است ولی آثار وعلائم زیادی چه در معادن مس قدیمه که از آن سنگهای معدنی را استخراج میکردند وچه در اشیائی که از این فلز یاهمبسته آن با قلع یعنی مفرغ میساختند اغلب درخرابه‌های قدیمه دیده و پیدا میشوند که دلیل بارز بر تسلط و توفق هنرمندان وفلزکاران باستانی میباشد. بدون شك فلزکاران قدیم ایران بمس وخواص مهمه آن آشنائی داشته وصنعت استخراج وگداز آنرا بحد قابل توجهی رسانده بودند.

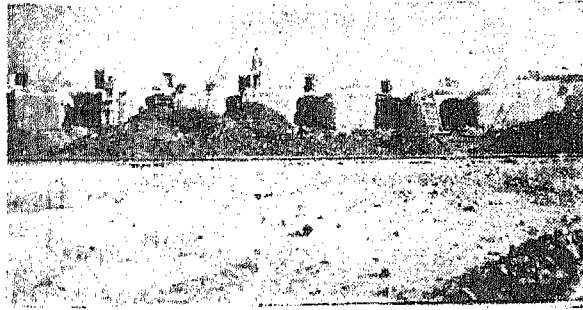
درمعادن مس ناحیه انارك ومعادن دهانه سیاه درجنوب سبزوار ونواحی خراسان غربی نه فقط آثار کندن سنگهای معدنی دیده میشود، بلکه درهمان نواحی آثار وعلائم کوره‌های قدیمه وعملیات گداز وبدست آوردن مس فلزی تااندازه‌ه وجود وقطعات زیادی سرباره های کهنه یافت میشود.

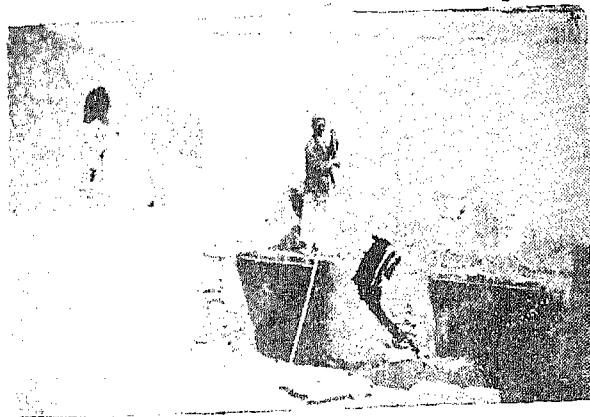
هنوز اشخاصی دراین نواحی زندگی میکنند که فن استخراج وگداز مس را بطریقی که هزاران سال دراین کشور معمول و متداول بوده میدانند و رموز وفوت کاسه گری آنرا از نیاکان خود دست بدست تااین عصر وزمانه پائین آورده‌اند وتا چندی قبل که دولت عملیات استخراج مس را دراین نواحی بخود منحصر نکرده بود این قبیل اشخاص معادن کوچکی در اختیار داشته وکار میکردند ومقدار کمی مس سیاه و چکشخوار بدست آورده ودربازارهای اصفهان ومشهد وشهرهای دیگر بفروش رسانیده واز این راه امرار معاش میکردند.

گداز مس بطرز قدیم ـ معدنچیان باستانی سنگهای مس اکسیده ودر بعضی نواحی بخصوص، مس خالص طبیعی راکه اغلب درقسمت بالای رگه نزدیك بسطح زمین کوه یا تپه یاکنار دره نمایان میبود بوسیله کلنگ کنده و با دیلم سنگها را شکافته و استخراج میکردند. ولیچون بمرور زمان محل استخراج سنك ازمعدن عمیق ویا خطرناك میگردیدویا بهآب میرسید وبعلاوه مواد معدنی ازحالت اکسید بتدریج بحالت سولفور مبدل میشد ، معدنچیان باقلم وچکش قسمتهایزود گداز را از بدنه سنك کوه کنده و فقط نوع اکسید و کربنات را استخراج میکردند ، زیرا با وسائل گدازی که معمول و متداول بود در آنزمان فقط قادرباحیاء مس ازسنگهای اکسیده وکربنات را بودند وسنگهای معدنیکه محتوی گوگرد یا آرسنیك ویا ناخالصیهای دیگرمیبودعمل نمیکردندوبحالت خود باقیمیگذاشتند ؛ زیرا بطوریکه دیدیم احیاء نمودن گوگرد ازسنگهایسولفور نیاز به عملیات تشویه داردو گدازان مشکلمیباشد .

عملیات گداز درآن زمان ازاینقرار بود : مواد معدنی اکسید وکربنات را از معدن کنده وبقطعات کوچك در آورده وسنگ جوریتموده وبه نمره ۱ و۲و۳درجه بندی میکردند .

دریك پله کان عریض بطول ۸ متر و بعرض ۳ متر وبعمق ۱/۵ متر چندگودالی بقطر ۰/۷۵ متر وبعمق ۱/۲۰ متر کنده ودرون آنرا ازسنگهای محکم چیده وروی آنرا یكطبقه گل خاك رس نسوز میپوشانیدند. چندروز در این حال نگاه میداشته تا کاملا خشك شود ؛ سپس دروسط گودال یكلوله که از آهنورق ساخته شدهوروی آن گل خاك رس نسوز آغشته شده بود قرار میدادند . لوله نامبرده از قسمت بالا متصل بزانوئی میشد که آنرا بهلوله دمکه بوسیله یكنفخبزرك دستیعملمیشدمتصل مینمودند . سنگهای معدنی که کاملا دست چین شده وبقطعات ۲ـ۳ سانتی متر قطر درآمده بازغال چوب مخلوط کرده و داخل گودال میریختند.از خارج نزدیك قاعده گودال (کوره) آتشیروشن کرده و بوسیله لوله مرکزی میدمیدند تااینکه زغال چوب محترق گشته وگرمای لازمهرا بوجود آورد.پس از چند ساعت موادا کسیده احیاء شده ومس ناخالص (مسسیاه) قطره قطره درکف گودال جمع میگردید و در همانجا منجمد میشد . اگر موادیکه درکوره بکار میرفت ازسنگهای معدنی مس غنی

ترکیب شده بود، دراینصورت مس سیاهیکه بدست‌میآمد به« کاوچاك»موسوم‌میشدو بیش از ۷۵ـ۸۰٪ مس دربرداشت ولی‌اگرمواد اولیه‌درمحتوی‌مس غنی‌نبود آنوقت «روباره»

شکل (۱۷٤) —چندعدد کوره‌های گدازمس بطرز قدیم‌درمعدن «دهانه سیاه» سبزوار

حاصل میشد که درحدود ۵۰ـ۶۰٪ مس داشت . سابقا مس« کاوچاك» را مجددا در کوره دیگری که‌میتوان آنرا کوره تصفیه نامید میگداختند تااینکه مس سیاهی که تااندازه خواص چکشخواریرا ازخود نشان میداد بدست می‌آمد،آنوقت آن‌مس را گرفته وپس‌از حرارت دادن چکش کاری کرده وباشکال مختلف که مورد تقاضا بود درمیآوردند. این بود بطور اجمال طرز عملیات استخراج‌مس که هزاران سال‌در این کشور معمول ومتداول بوده است .

شکل (۱۷۵) - یك کوره گدازمس بطرز قدیم درمعدن عباس آباد

استخراج مس بطرز جدید ـ دردوره اعلیحضرت فقید رضاشاه پهلوی که یك

جنبش و نهضت صنعتی در این کشور پس‌از قرنها خمودگـی ایجاد شده بود ، اداره معادنی تاسیس گشت و بعداً بشکل اداره کل‌معادن ازسال ۱۳۱۵ شمسی اکتشاف و بهره‌برداری معادن زغال و فلزات‌را بابرنامه مرتب ومنظمی جداً آغاز نمود.ازجمله فلزاتیکه دراستخراج و اکتشاف معادن‌جدید آن قدمهای بزرگی (البته نسبت‌به‌سایر فعالیتهای دیگر) برداشته شد وهزینه‌های زیادی مصرف گردید فلزمس بود ، زیرافلز مزبور مهمترین ماده اولیه کارخانجـات مهمات‌سازی ارتش شاهنشاهی میبود وازاین لحاظ مورد علاقه وتوجه خاص‌ذات ملوکانه قرارگرفته بود .

نواحی مس‌خیز که‌تاآن تاریخ‌درایران معلوم بودعبارت بودند از ناحیه‌انارک، ناحیه عباس‌آباد وناحیه سبزوار وخراسان غربی ؛ زیرا در این نواحی آثار استخراج بوسیله بومیها ومعدنچیان باستانی کاملامعلوم وآشکار بود وتاآن زمانهم بوسیله‌بعضی ازآنها ازمعادن‌مزبور استفاده‌میشد .

اداره کل معادن درهریك از این نواحی‌دایرهٔ تاسیس نمود وعملیات‌استخراج وبهره‌برداری‌را برطبق اصول‌فنی جدید قرارداد و بوسیله مهندسین معادن که جدیدا از دانشگاههای اروپا فارغ‌التحصیل شده و برای خدمت به‌کشورعزیزمراجعت کرده بودند عملیات مزبورا اجرا نمود .

برنامه تفصیلی که از طرف اداره کل معادن بموقع اجراگذارده شده بود دو جنبه‌داشت : اول‌جنبه استخراج‌وبهره‌برداری ؛ دوم جنبه اکتشافات وجستجوی‌ذخایر تازه وبالاخره تعیین ذخیره کشوری.درنتیجه توسعه اکتشافات درنواحی آذربایجان معدن مس‌زنجان‌ومعدن سونگون اکتشاف‌گردید وبه‌تعداد معادن مس‌موجود افزوده شد . اینك بشرح طرز استخراج مس درسه‌معدن مهم مس می‌پردازیم .

۱ ـ ناحیه انارك ـ منطقه‌انارك در۸٤ کیلومتری شمال نائین درارتفاع ۱٤۵۰ متر نسبت بسطح دریا قرارگرفته وازحیث آب و هواخشك است . زمین‌های نـاحیه انارك بشعاع ۵۰ کیلو متری اغلب معدن‌خیز بوده و درتمام انواع مختلف سنگهای آن چه آذری و چه رسوبی و دگرگونی ، نمونه فلزات صنعتی وقیمتی دیده میشود مثلا در شیستها فلزاتی موان (معدن پاتیار) ؛ درسنگهای آذری اسیدی فلزات طلا

ونقره وروی (معدن کالیکانی) ؛ درسنگهای آذری قلیائی فلز نیکل (معدن چاه شوره) ودرسنگهای رسوبی آهکی مس ونیکل ومس خالص طبیعی (معادن تالمسی ومسکنی) یافت میگردد .

مس در سنگهای آذری بحالت سولفور و در سنگهای رسوبی و کنگلومرات و آهکی بحالت کربنات بوجود آمده است . معادن مهمی که در آن عملیات استخراج مس انجام می گیرد عبارتند از معدن باقرق ـ معدن تالمسی ـ معدن مسکنی ـ معدن تلخه ـ معدن سبرز و معدن چاه سفید .

من باب مثال تجزیه و ترکیب شیمیائی و نوع مواد معدنی که از بعضی از آنها استخراج می گردد در زیر داده شده است :

۱ ـ سنگ معدنی باقرق SiO_2 ٪۱۰/۶۷ ؛ Al_2O_3 ٪۲/۳۳ ؛ Fe_2O_3 ٪۱/۹۸ ؛ CaO ٪۳/۴۷ ؛ MgO ٪۰/۷۴ ؛ $BaSO_4$ ٪۵۶/۳۴ ؛ Cu ٪۹/۷۲ ؛ Pb ٪۵/۱۳ ؛ As /۰۴۳ گوگرد ٪۲/۴۷ .

۲ ـ سنگ معدنی تالمسی SiO_2 ٪۴۰ ؛ Al_2O_3 ٪۱۳ ؛ Fe_2O_3 ٪۱۲ ؛ CaO ٪۵ ؛ Cu ٪۶ ؛ Ni ٪۴/۹ ؛ As ٪۶/۶ ؛ S ٪۰/۹

۳ ـ سنگ معدنی سبرز ـ SiO_2 ٪۲۳/۹۳ ؛ Al_2O_3 ٪۷/۸۹ ؛ FeO ٪۱۴/۴۳ ؛ CuO ٪۵/۸۷ ؛ Cu ٪۱۵ ؛ S ٪۳/۸۳ ؛ As ٪۹۴ ؛ Sb ٪۰۸

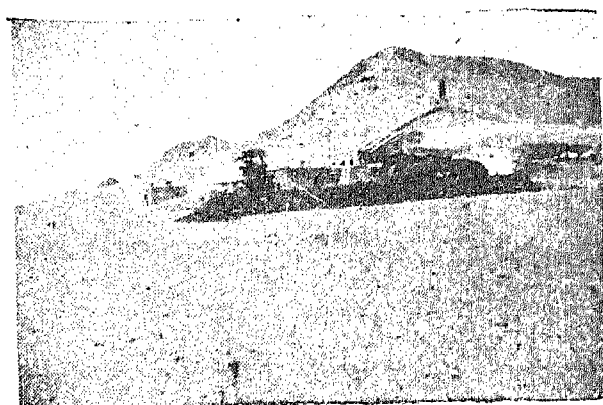
۴ ـ سنگ معدنی چاه سفید SiO_2 ٪۹/۲۸ ؛ Al_2O_3 ٪۲/۸۵ ؛ Fe_2O_3 ٪۶۰ ؛ MgO ٪۳/۴۴

۵ ـ سنگ معدنی خونی Cu ٪۴/۰۹ ؛ Pb ٪۳۲/۵۲ ؛ Fe_2O_3 ٪۲۹/۱۹ ؛ Ag ۱۶۲ گرام درتن؛ Au ۱۰/۴۰ گرام درتن؛ Zn ٪۴۳/۴۱

۶ ـ سنگ معدنی پاتپار (انتی موان) SiO_2 ٪۵۲ ؛ Al_2O_3 ٪۱/۲ ؛ CaO ٪۲/۱۵ ؛ Fe_3O_3 ٪۴/۱۶ ؛ Sb ٪۱۹/۶ ؛ S ٪۸/۹۴

البته بین سنگهای معدنی استخراج شده بدوخوب را از یکدیگر بوسیله سنگ جوری بادست جدا کرده و فقط سنگهائیکه عیارشان از ٪۵ مس به بالا میباشد برای گداز و ذوب بکوره ارسال میگردد .

عملیات گداز مس در انارك ـ سابقاً یك کوره واترژاکت بظرفیت ۳۰ تن در

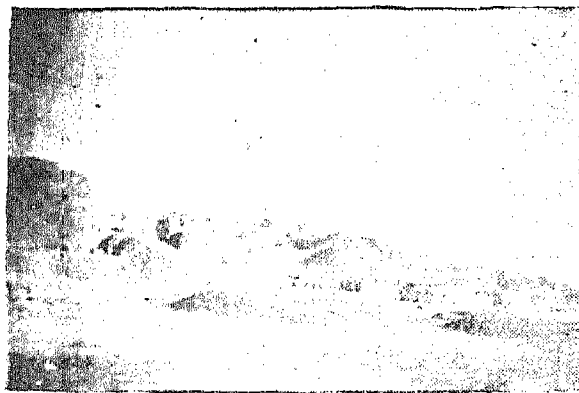
باقرق تاسیس شده بود که بغیر از سنگهای معدن باقرق بقیه مواد اولیه مورد نیاز کوره‌را از معادن اطراف بشعاع ۵۰ کیلو متر و کاك‌را ازمعدن شمشك بمسافت ۶۵۰ کیلومتر به‌پای کوره درباقرق حمل مینمودند.

شکل (۱۷۶) معدن و کوره گداز مس درباقرق درناحیه انارك

بار کوره‌را ازمخلوطی از سنگهای معدنی مس تالمسی، سبرز، تلخه‌ومسکنی به‌نسبتهای مختلف ترکیب نموده واین موادرا طوری جور میکردند که متوسط مس محتوی درآنها در حدود ۴/۵٪ بشود. سپس مواد مزبور را بامقداری سنگ آهن (هماتیت) که ازمعدن چاه‌سفید تامین میشد بامقداری سرباره‌ٔ کهنه مخلوط کرده و بار کوره‌را بدینقسم تشکیل میدادند. گاهی اوقات سنگ آهك‌هم بدان اضافه‌میکردند. باررا بامقداری کك بداخل کوره ریخته و درنتیجه دمیدن هوا، کاك محترق گشته و گرمای لازم جهت گداز مواد اولیه درکوره و اترژاکت‌بوجود میآمد. مصرف‌سوخت (کاك) زیاد و برای هر ۶/۵ تن بار، یك‌تن كاك‌مصرف‌میشد.

محصولیکه از کوره واترژاکت بیرون میآمدمات مسی‌بود که بین ۴۵ـ ۵۰٪ مس داشت وآنرا پس از جدا کردن ازسرباره، بوسیله کامیون به‌تهران حمل کرده وبکارخانه تصفیه الکترولیتیکی غنی آباد میفرستادند. ازسال ۱۳۱۹ باینطرف کوره واترژاکت باقرق‌رابازواوراق کرده‌ودرعوض یك‌کوره شعلهٔ (روربر) درمعدن‌تالمسی ساخته وعملیات گدازرا دراین کوره متمرکز نمودند. مواد اولیه‌که در کوره مزبور بکار میرود باید خورده و کوچك باشد، لذاسنگهای معدنی‌را شکانده به‌اندازه گردو و

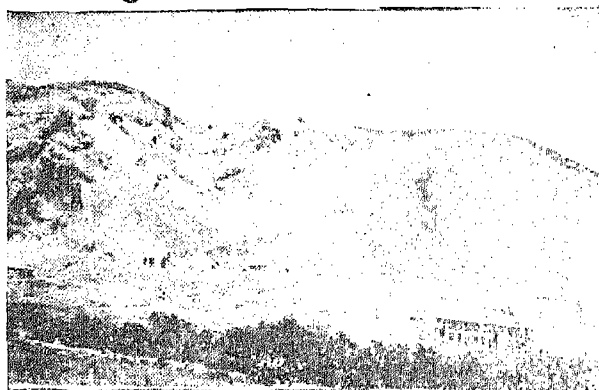
فندق درآورده و سپس باقدری سنك آهن و آهك تشکیل بار داده وبوسیله مازوت حرارت داده‌تااینکه‌مواد گداخته شده‌و ذوب شوند و در نتیجه مات ۴۸ ـ ۵۰٪ مس بدست آید .

ازموقعیکه بهره‌برداری دراین ناحیه ازطرف اداره کل معادن شروع گردید درمدت ده‌سال درحدود ۱۸۳۲ تن‌مس‌خالص که‌مقدار ۴۶۰/۵ تن آن بحال طبیعی بوده استخراج شده است .

۴ ـ ناحیه عباس آباد ـ عباس‌آباد قریه کوچکی است که بین شاهرود و سبزوار در جاده اصلی تهران ـ مشهد واقع گردیده .درکوه‌های شمالی و جنوبی این قریه‌زمینهای مس‌خیزی موجود است که از سالیان گذشته مقدار معتنابهی سنك مس استخراج و ذوب میشده است . درطی سالهای متمادی تاآنجائیکه برای معدنچیان باستانی مقدور بوده درعقب رگه‌وياسنك مس‌دار میرفتند وپس ازبرهیختن بطرقیکه ذکر شداقدام به گدازآن مینمودند .

شکل (۱۷۷) معدن بزرك در ناحیه عباس آباد

دراوایل سال ۱۳۱۸ اداره کل معادن برای تعیین وضعیت معادن مس این ناحیه وناحیه‌سبزوار درمعادن دامن چالها، چفندر سرومعدن بزرك شروع بکار کرده وعملیات استخراج وبهره‌برداری را روی اصول نیمه مکانیزه قرارداد .

ازاواخر ۱۳۱۸ تاسال ۱۳۲۰ سنگهای معدنی‌ومواد اولیه که‌ازمعادن عباس‌آباد

و دهانه سیاه در سبزوار استخراج میگردید در کوره‌ها «وطنی» بطرز قدیم که ذکر شد، بازغال چوب گداخته میشد ومات‌ومس سیاهیکه ازاین‌راه بدست می‌آمدبکارخانه تصفیه مس غنی‌آباد در تهران ارسال میشد. درسال ۱۳۲۰ یک کوره و اترژاکتی بظرفیت ۲۰ تن بشکل زیر درمعدن دامن چالپا ساخته شد تااینکه عملیات گداز در این کوره‌انجام‌شود . کک مصرف کوره ازمعدن زغال سنگ‌ابو که در ۱۸۰ کیلومتری غربی عباس‌آباد واقع است تهیه میشود .

شکل (۱۷۸) معدن دهنه سیاه در ناحیه‌سبزوار

معادن مس‌خیز درناحیه عباس‌آباد عبارتند از : ۱ ـ معدن لبکال ۲۰ کیلومتری شرقی‌عباس‌آباد ۲ ـ معدن‌اسیادیو در ۱۵ کیلومتری شرقی عباس‌آباد ۳ ـ معدن بزرگ ۲۳ کیلو متری عباس‌آباد ۴ ـ معدن دامن چالپا درشمال عباس‌آباد ۵ ـ معدن‌حمامی در ۱۲ کیلومتری غربی عباس آباد ۶ ـ معدن چغندرسر ۲۴ کیلو متر جنوب غربی ۷ ـ معدن گورخان و ۸ـ معدن بقلو در ۳۰ و ۲۵ کیلومتری جنوب عباس‌آباد .

استخراج‌مواد‌معدنی‌دراین‌معادن‌تماما‌بصورت‌روباز‌انجام میگیرد وفقط‌درمعدن دامن‌چالپا اخیرا‌چندچاه اکتشافی‌زده‌شده است . نوع‌سنگ‌معدنی‌دراین معادن‌اغلب سولفور از قبیل کالکوزین میباشد ولی در معدن بزرگ مقداری اکسید و کربنات نیز یافت میشود . اینجاهم مانند ناحیه انارک،مواد اولیه که ازمعادن مختلف بدست میآید پس‌از سنگ جوری ودرجه‌بندی یک مخلوط مناسبی که میتوان آنرادرکوره

واترژاکت گداخت ترکیب میسازند. ترکیب بار وسوخت کوره عبارت است از : چهار قسمت سنگهای معدنی دامن چالهـا + یك قسمت سنك معدنی چغندرسر + یك قسمت سنك آهك ویك قسمت کاك .

محصول کوره مـاتی است که بین ٥٠ـ٦٠٪ مس دارد وبرای تبدیل آن بمس خالص الکترولیتکی لازم است آنرا به کارخانه تصفیه مس غنی آباد ارسال دارند .

٣ـ ناحیه زنجان ـ معادن مس بایچه باغ در ١٤٠ کیلو متری مغرب زنجان واقع گردیده واز حیث محل ومناظر طبیعی از بهترین معادن ایران بشمار میرود . رودخانه معروف به قلعه چای که یکی از شعب قزل اوزن میباشد ازوسط ناحیه معدنی میگذرد و کمك بزرگی برای آبادی محل واستفاده صنعتی میتواند بکند .

معدن بایچه باغ درسال ١٣١٥ بوسیله مرحوم مهندس طلعت پور اکتشاف گردید ونظر باهمیت رگه های مس ومعدنی بودن این ناحیه اداره کل معادن بلافاصله تصمیم گرفت که عملیات اکتشافی و استخراج و بهره برداری را درآنجا شروع کند .

عملیات فنی ازسال ١٣١٦ درمعدن شروع شد و تاورود قوای متفقین دراواسط شهریور ١٣٢٠ بعللی که برهمه واضح وروشن است متوقف گردید و متاسفانه تابحال هم درحال تعطیل باقی است وبانك صنعتی و معدنی هنوز اقدامی بافتتاح مجدد آن نکرده است . درمدت چهارسال عملیات تهیه واکتشاف درنه عددرگه شروع شده بود و کلیتا مقدار ٤٠٠٠ تن مس بصورت سنك معدنی ٢٪ مس برای استخراج و بیرون آوردن ازمعدن تهیه شده بود .

رگه های مس دار دراین ناحیه بطورمنظم ومرتبی یکی بعداز دیگری درداخل یك نوع سنك آذری موسوم به اندزیت (Andesite) بوجود آمده و ادامه و وسعت این توده آتشفشانی بشعاع چندین کیلومتر است . جای هیچگونه شك وتردید نیست که رگه های زیادتری نیز در این ناحیه موجود است که هنوز اکتشاف نگردیده وبا جرات میتوان گفت هرگاه روزی بناشود ازمعادن ایران مانند معادن اروپا و امریکا باوسایل میکانیزه کامل بهره برداری شود، ناحیه زنجان ازمهمترین نقاط مس خیز ایران بشمار خواهد رفت ؛ زیرا دلائل بارز وعلامات زیادی در محل موجود است که این

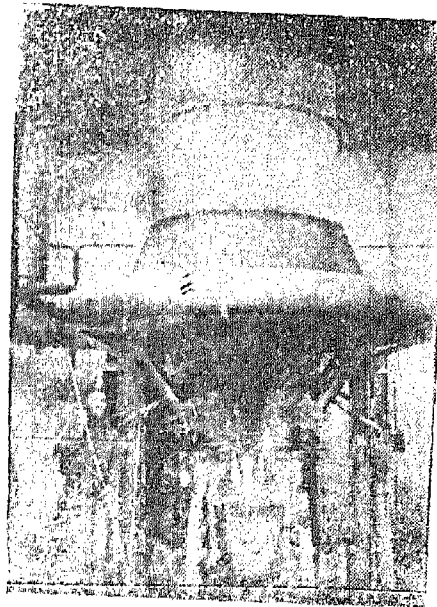
اظهاررا تایید کند .

ماده معدنی مس‌دراین‌رگه‌ها اغلب مس گوگرددار بدون‌آهن مانندکالکوزیت Cu_2S ویاگوگرددار باآهن مانند کالکوپیریت Cu_2SFeS متشکل شده و فقط در نواحی سطحی وقسمتی از رگه‌ها که نزدیك بسطح زمین کوه و یادره ظاهر شده‌اند سنگهای اکسیده و کربنات از قبیل کوپریت و مالاکیت و ازوریت دیده میشوند . درانتهای عرض رگه‌ها یعنی قسمتی که سنك آذری‌باسنگهای رسوبی در تماس میآید ومتدرجاً تبدیل به کاولین (Kaolin) میگردند ، در رگه‌های مس مقداری سولفور سرب وروی بشکل گالن وبلندنیز بوجود آمده‌اند . البته درموقع سنك جوری حتی المقدور اینگونه سنگهـارا ازسنگهای معدنی مس‌جدا میکنند ولی معذلك مقداری سرب وروی در کوره میرود وعملیات گدازرا مختل میسازد . صورت تجزیه سنگهای معدنی که‌از رگه‌های مختلف‌بدست میآیند ازاین قراراست :

عناصر معدنی	Cu	SiO^2	FeO	Al^2O^3	CaO	MgO	S	غیرقابل حل
نمونه۱	٪۱۲/۷	۴۱	۱۲	۷/۳	۶	۴/۴	۱۲/۵	٪۳/۶
نمونه۲	٪۳/۵	۵۹/۳	۶/۶	۱۰/۲	۷	۴/۸	۵	—
نمونه۳	٪۴/۶	۶۵	۵/۵	۶/۵	۳/۵	۲/۵	۳	٪۲

عملیات گداز ـ در معدن زنجان یك‌کوره واترژاکت بظرفیت۱۵تن ازطرف اداره‌کل‌معادن‌نصب گردیده‌بود که‌در آن‌سنگهای معدنی‌نمره۱ و ۲راباتشکیل‌دادن‌بار مناسبی‌گداخته و مبدل به « مات » بنمایند . برای بدست آوردن بار مناسب محاسبه وآزمایش‌های زیادی بعمل‌آمده‌بود وبدین منظور گاهی اوقات از هماتیت معدن‌آهن « خان قره‌داش » بعنوان ماده گدازآور استفاده میشد . وقت دیگربار را بدون سنك آهن بکوره داده ولی در عوض بمقدار سنك آهك بار افزوده میگشت ؛ چون در ساختمان کوره که بیشتر مناسب ذوب مات و یا سربارهای کنور تیسور بود نواقص ومعایبی وجود داشت لذا هر دفعه پس‌از چندروز، بار در داخل کوره‌منجمد میگشت و کوره ازکار میافتاد . نگارنده ماموریت یافتم که عملیات‌گداز کوره مزبور را مطالعه نموده ومعایب جزئی‌آنرا اصلاح نمایم . از اینجهت پس از اصلاحات‌جزئی

در قسمت لوله‌های دم و طرز دمیدن باد و محاسبه بار مناسب بالاخره کوره متمادیاً کار میکرد تا اینکه در نتیجه اغتشاشات شهریور ۱۳۲۰ کلیه عملیات متوقف گردید.

ماتیکه از اینکوره بدست می‌آمد درحدود ۴۵_۵۰٪ مس داشت و آنرا جهت تصفیه بکارخانه مس غنی آباد میفرستادند.

شکل (۱۷۹) کوره واتر ژاکت در معدن با بچه باغ در حین خروج مات مس

تصفیه مس - بنا بانچه ذکر شد عملیات استخراج مس از مواداولیه وسنگهای معدنی تا مرحله بدست آوردن مات که محتوی مس آن در معادن مختلف متغیر بود و بین ۴۵ ـ ۶۵٪ میرسید درخود معادن انجام‌میگرفت و مات نامبرده را برای تبدیل به مس سیاه یا جوش دار (Blister copper) بکارخانه تصفیه الکترولیتکی غنی آباد که در ۹ کیلومتری جنوب شرقی تهران واقع گردیده ارسال میداشتند. تأسیسات فنی این کارخانه عبارتند ازیك کوره واتر ژاکت بظرفیت ۲۰ تن ؛ ۳ عدد کوره شعلهٔ (روربر)، یکی برای انودریزی ، دومی جهت گداز کاتود و در آوردن آن

باشکال مختلف، وسومی کوره یدکی ؛ ۲عدد دستگاه تبدیل کننده (کنورتیسور) افقی و یکدستگاه کامل الکترولیز مس بطریق مضاعف (پارالل) بظرفیت ۵ تن در روز ·

مواد اولیهٔ که باین کارخانه وارد می‌شوند عبارتنداز مات مس ازمعادن‌مختلف؛ مس خالص طبیعی از معادن انارك ؛ کك از معادن زغال سنك شمشك و نفت سیاه و مازوت ازشرکت نفت ایران وانگلیس ·

برای بدست آوردن مس سیاه جوش‌دار ، مات‌هارا شکانده وبعداً مخلوط نموده و قبل از اینکه دستگاه تبدیل کننده ساخته شود آنها را در کوره واترژاکت می‌گداختند و سعی میشد در نتیجه چندذوب متوالی مس سیاهی که محتوی ۸۰ ـ ۸۵٪ مس بود بدست آید .

بعداز نصب دستگاه تبدیل کنندهٔ، مات‌هارا بصورت جامد وخشك به داخل کنورتیسور ریخته‌وبوسیله شعله‌های نفت سیاه آنها را گرما داده‌تا اینکه‌بحالت مایع درآیند ، سپس شعله ها را بر طرف نمود و مجاری باد دم‌را بازکرده و باد به داخل مات گداخته میدمند تا بقسمیکه در این مبحث ذکر شدناخالصیهای‌محتوی‌اکسیده شوند ودر نتیجه گوگرد وآهن کم شده‌ومات مس‌مبدل به‌مس جوش‌دار بگردد .آنوقت مس‌جوش‌دار را منتقل به‌کوره انوددریزی کرده و در آنجا مجدداً گرما داده و بوسیله تنه درخت سبز،عمل‌پولینگ(Poling) یا پرشارژ Perchargeرا انجام‌داده تا اینکه‌ناخالصی های باقیمانده اکسیده شده و مس انود که محتوی۹۵٪ مس‌میباشد حاصل شود

آنگاه‌مس‌رادرقالب‌انودها‌ریخته‌وپس‌ازاینکه‌مقدارکافی‌انودجمع شدآنها رادر حوضهای الکترولیز بین‌کاتودهای مس خالص آویزان‌نموده ومس خالص الکترولیتکی بدست میآید .

دستگاه‌الکترولیز که بطریق مضاعف کارمی کند دارای۷۱حوض،هریك‌بظرفیت ۷ متر مکعب میباشند · طرز عمل عیناً همانست که در مبحث تصفیه الکتریکی ذکر شد · دراینجا هم کاتودها راکه بعنوان صفحات آغاز کننده میباشند ازمس‌خالص‌ساخته شده‌که درموقع‌تأسیس کارخانه ازخارجه خریداری شده‌است ·

پس از آنکه عمل الکترولیز خاتمه یافت و مس خالص بشکل صفحه نازکی روی کاتودهای اصلی مترسب گشت انوقت کاتودها را بیرون آورده ولایهٔ که روی آنها مترسب شده از کاتود اصلی مانند صفحه کاغذ جدا کرده و آنها را با آب شسته و در کناری انباشته که بعداً برای گداز و ساختن برنج به کارخانه برنج‌سازی ارتش در سلطنت آباد ارسال گردد. لجن‌هائیکه در ته حوضها میماند اغلب دارای مقدار معتنابهی فلزات قیمتی طلا و مخصوصاً نقره بود ولی متأسفانه این دو فلز را از آنها بیرون نیاورده و لجن‌ها را در کناری انبار میکنند تا در موقع برای آنها خریداری پیدا شود

فصل بیست و یکم

سرب

مقدمه تاریخی - سرب یکی از شش فلزیست که از زمان ماقبل تاریخ به انسان معلوم و آشکار بوده زیرا این فلز زود گداز را میتوانستند بآسانی پس از استخراج از معدن گداخته و ذوب کنند. چون خاصیت چکشخواری آن خوب و سرب خالص فلزی بسیار نرم میباشد برای صنعتگران باستانی چندان اشکال نداشت که پس از گداختن، سرب حاصله را باشکال مختلف که مورد تقاضا میبود در آوردند و مورد استفاده قرار دهند.

برحسب تاریخ ثبت شده قدیمترین مردمانیکه به سرب آشنائی داشتند مصریها بودند، زیرا این فلز را برای لعاب گیری ظروف و کوزه‌های گلی بکار میبردند و ایضاً میدانستند چگونه نقره موجود در سرب را استخراج نموده و بکار برند. مصریها بین ۷۰۰۰ و ۵۰۰۰ سال قبل از مسیح بوجود فلزاتی مانند نقره و سرب پی برده و آنها را از مواد اولیه استخراج کرده و مورد استفاده قرار میدادند.

فنیقیها که از سواحل لبنان و شرقی مدیترانه بسایر نقاط اروپای غربی ازقبیل اسپانیا، فرانسه و انگلستان مهاجرت میکردند اطلاعاتی از معادن سرب و قلع و مس داشتند و در اسپانیا در ناحیه ریوتینتو Rio-tinto در ۲۰۰۰ سال قبل از مسیح سرب را استخراج کرده و بکار میبردند

معادن لاریوم (Larrium) در یونان که در سال ۱۸۶۴ بوسیله یک شرکت فرانسوی مجدداً باز گردید از بهترین معادن اروپا (۵۰۰ سال) قبل ازمیلاد بشمار میرفت.

درقرن سوم قبل ازمیلاد، رومیها معادن سرب اسپانیا را بکار انداخته و این فلز را استخراج میکردند. درسالهای ۷۰۰ و ۱۰۰۰ بعد ازمیلاد، معادن سرب و نقره در ناحیه هارتس

(Hartz) در آلمان مشغول کار بوده و بعداً درسال ۱۲۰۰ میلادی معادن ساکسونی-سیلزی و بوهیم باز گردید. استخراج سرب در ایالات متحده آمریکا درسال ۱۶۲۰ میلادی شروع شد و امروز این کشور بزرگترین تولید کننده فلز مزبور می باشد .

خواص فیزیکی - سرب سنگینترین و در عین حال نرم‌ترین فلز معمولی است. وزن مخصوص آن بین ۱۰/۳۷-۱۰/۶۵ در حالت مایع و ۱۱/۳۵-۱۱/۳۷ در حالت جامد میباشد . سرب خالص بقدری نرم است که می‌توان آنرا با ناخن مخطط کرد ولی اگر مقداری ناخالصی از قبیل انتیموان - آرسینیک - مس و روی در آن وجود داشته باشد سرب سخت می‌شود و مقدار سختی آن نسبت به اندازه ناخالصیهای موجود زیاد می-گردد . رنگ سرب خاکستری مایل به آبی و خاصیت چکشخواری و تورق وصفحه شدن آن خوب است ولی خاصیت سیم ومفتول شدن ودرازشدن آن پست و نمی‌توان از سرب سیم و مفتول ساخت .

سرب در ۳۲۷/٤ درجه سانتیگراد گداخته وبحالت مایع درمیآید و در گرمای ۱۵۲۵ درجه میجوشد ولی بسهولت تبخیر نمیشود . اما اگر مخلوطی از سرب و روی را در گرمـای زیاد تحت عملیات تقطیر درآورند بخارات روی که متصاعد میگـردد مقدار معتنابهی از بخارات سرب بهمراه میبرد ؛ از این جهت درعملیات استخراج و گداز سرب باید سعی‌شود که مقدار فلز روی حداقل باشد واگرنه سرب تلف میشود.

خواص شیمیائی - سرب عنصریست سه والانسی بوزن اتمی ۲۰۷ وعلامت شیمیائی آن (Pb) ، واز واژه Plumbium مشتق است . درهوای مرطوب سطح آن کدر شده ولی درهوای خشك تغییری در آن مشاهده نمیگردد . اگر سرب را درمجاورت هوای زیاد گرما دهند فوراً اکسیده شده و مبدل به PbO میگردد واگر درجه گرمـا بتدریج زیادشود وبین ٤۰۰ - ٤۵۰ درجه باشد PbO مبدل به Pb_3O_4 میشود کـه در ۵۵۰ درجه مجدداً تجزیه شده وتغییر به PbO و O می‌یابد .

اکسیدهـای دیگر سرب عبارتند از PbO_2 و Pb_2O_3 ولی تماماکسیدهـای سرب که بیش از PbO محتوی اکسیژن میباشند در گرمای ۶۳۰ درجه تجزیه شده و تماما تبدیل به PbO و O میشوند .

مهمترین محل‌سرب اسیدازوتیك HNO_3 بوده ونوع‌رقیق‌آن شدیدتراز نوع قوی برسرب اثر میکند .

اسیدهای HCL و HF و H_2SO_4 درحالت رقیق برروی سرب‌اثری‌نمیکنند زیرا بلافاصله یک‌طبقه نازکی‌از املاح آنهایعنی $PbCl_2$ و PbF_2 و $PbSO_4$ تر کیب‌یافته که مانع نفوذ اسید به‌درون توده سرب میشوند واز این جهت برای نقل و انتقال و انباشتن اینگونه اسیدها ظروف سربی و یا با آستر سربی بسیار مناسب و زیاد بکار میروند . اسید استیك ، تار تاریك و اسید های‌دیگر به‌تانی سرب‌را حل‌میکنند وروی‌آن‌اثر میبخشند .

کلیه ترکیبات‌سربی مسموم‌کننده میباشند ودرجه مسمومیت‌آنها نسبت بقابلیت حل شدن املاح‌آن دربدن تغییر میکند : مثلا سرب خالص وسولفور آن‌چون‌دربدن غیر قابل حل‌اند مسموم کننده نبوده و اثر نمیکنند ولی املاح قابل حل‌آن از قبیل کلرور-نیترات - استات شدیدا مسموم کننده هستند . اکسید،کربنات وسولفات سرب در درجه کمتری مسموم میکنند و اگر شخص دائما با اینگونه املاح سربی و یا بخارات آنها در تماس باشد بتدریج مسموم خواهد شد و پس از چندی به بیماری (Plumbism) گرفتار میگردد . ترکیبات‌سربی‌را درتحت موضوع موارد استعمال سرب شرح خواهیم داد .

مواد اولیه وسنگهای معدنی

دوعنصرسرب وروی‌درطبیعت اغلب‌باهم بوجود آمده‌اند بقسمی که‌درسنگهای معدنی یک‌عنصر بیش ازعنصر دومی است ولی هیچگاه بدون یکدیگر نخواهند بود ازاین لحاظ طرز پیدایش وزمین شناسی این دوعنصر درسنگهای مختلف زمین تقریبا یکی است و درتمام نقاط زمین کم وبیش یافت میشوند . تمام سنگهای معدنی سرب محتوی مواد دیگری غیر ازسرب بوده وبعضی ازآنها که از عناصر قیمتی ومفیدمانند طلا ونقره و مس هستند میتوان پس‌از استخراج سرب بطرقیکه‌بعداذکرخواهد شد آنها را مجزا نموده و مورد استفاده قرارداد .

معمولی‌ترین ناخالصیهای سرب عبارتند از سیلیس - اکسید آهن - اکسید کلسیم - سولفات باریم - روی - انتی‌موان وارسنیک. اگر سه مواد نامبرده اولی به اندازه های مناسب موجود باشند دیگر درعملیات گداز مواد معدنی سرب، احتیاج بمواد گداز او نخواهد بود و اگرهم موجود نباشند میتوان با اندك حساب ساده مقادیر آنها را در موقع محاسبه بارکوره تعیین نموده وبالاخره آنهارا بسر باره فرستاد. ولی روی ، انتی موان وارسنیك درمواد معدنی سرب از عناصر موذی و زیان بخش بشمار میروند زیرا وجود آنها درسرب از بهای بازرگانی وخواص فیزیکی ومیکانیکی آن میکاهد.

مهمترین مواد اولیه و سنگهای معدنی سرب ازاین قراراند :

جدول (۳۵)

اسم کانی شناسی سنگ		ترکیب شیمیائی	مقدار درصد سرب محتو
۱ - گالن	Galena	PbS	٪۸۶/٤
۲ - سروزیت	Cerussite	$PbCO_3$	٪۷۷/٥
۳ - انگلزیت	Anglesite	$PbSO_4$	٪٦۸/۳
٤ - پیرومورفیت	Pyromorphite	$3Pb_3P_2O_8 . PbCl_2$	٪۷٦/۳
٥ - ولفنیت	Wulfenite	$PbMoO_4$	٪٥٦/۳
٦ - جیمسونیت	Jamesonite	$PbSbO_5$	٪۳٤/۱

از مواد نامبرده بالا مهمتر ازهمه سولفورسرب (گالن) میباشد وامرز قسمت اعظم سرب دنیا ازاستخراج وگداز این ماده بدست میاید . سه ماده دیگر بعد از (گالن) از اکسیداسیون سطحی مواد سولفوره کم وبیش حاصل میشوند وچندان زیاد نیستند. ماده اخیر بیشتر ازمواد اولیه انتی‌موان بشمار میرود واز لحاظ استخراج سرب چندان اهمیتی ندارد.

اصول استخراج سرب

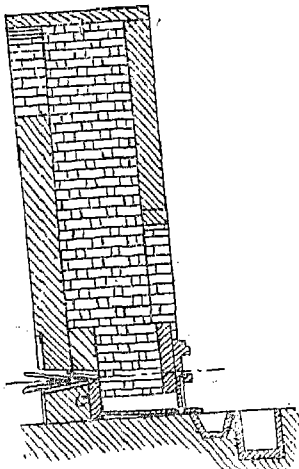
طرق احیاء - عموماً مواد معدنی سرب را از طریق گداز (پیرومتاالورژی) تبدیل بسرب فلزی میکنند ، سنگهای معدنی‌را ابتداء پس‌از برهیختن وآرایش وتهیه وبرطرف نمودن قسمت بیشتر ناخالصیها تحت عملیات تشویه قرار میدهند تااینکه مقدار گوگرد آنها کم‌شود واز حالت سولفورمبدل به‌اکسید وسولفات‌شوند . بعداً این

دومادهرا باهم مخلوط کرده ودر کوره بلند واترژاکت ویادر کورهشعلهٔای احیاءنموده تاسرب فلزی بدست آید.محصولات کوره بلند واترژاکت کهسنگهای معدنی سرب در آن گداخته میشود عبارتند از :

۱ ـ شمش سرب که باید بعدانرم گردد وتصفیه شود .

۲ ـ مات سرب یا اشپایس ، یعنی سولفور باارسنور سرب و مقدار کمی مس .

۳ ـ سرباره که معمولا باید طوری ترکیب شده باشد کهمحتوی سرب آن از ۰/۵٪ تجاوز نکند وفلزات قیمتی درآن باقی نمانده باشد . در سالهای اخیر طرق «تر» شیمیائی، یعنی هیدرومتالورژی و طریقه تبخیر وتصعید و طریقه الکترولیز معمول ومتداول گردیده بقسمی که دربعضیازنقاط امریکا میتوانند باطرق آتش و گدازرقابت اقتصادی کنند .

گداز سرب بطرز قدیم ـ درقرون گذشته گدازسرب مانند مسوفلزات دیگر دریك گودالی که درکنار تپهٔ درمعرضوزشباد،یادرمحل مناسب دیگریساخته میشد بوسیله گرما دادن بازغال چوب صورت میگرفت ولی بهمرور زمان دراثر تغییراتیکه درنوع مواد معدنی فلزات ظاهر میشد ساختمان کوره نیزتغییرمیکرد . مثلا در گداز سرب گودال اولی مبدل بیكظرف چدنی بابعاد ۰/۶۵×۰/۶۰×۰/۳۰ متر گردید که روی آن دیوارهای بلندیمانند دودکشمیساختندویااینکه این ظرف رادروسط کف کوره شعله ای کوچکی قرار میدادند .

شکل(۱۸۰) کوره گداز سرب بطرز قدیم

در جلوی این ظرف که بوته اصلی کوره را تشکیل میداد یك صفحه چدنی سوراخ دارو موربی کار میگذاشتند تا اینکه مواد نیمه گداخته را ازکوره بیرون آورده و روی آن گسترده تا سرب مذاب قطره قطره سرازیر شده و درپاتیلی که جلوی آن قرار گرفته جمع شود .

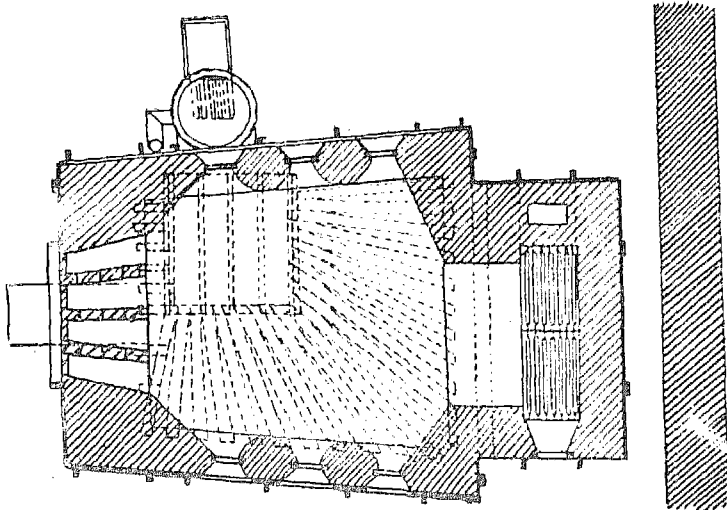
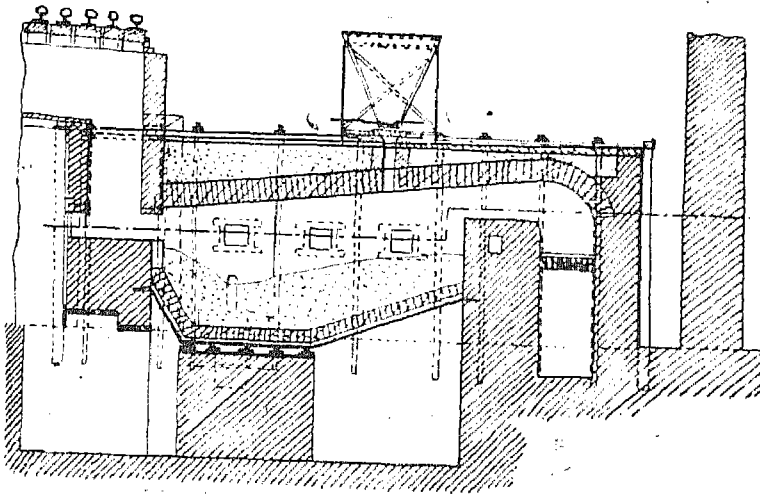
روی بوته چدنی چهار دیوار بلندقائم بمنزله دودکش ساخته که دودوبخارات سرب‌را بهوا به‌برد . در دیوار عقبی چند سوراخی برای کار گذاشتن لوله های دم تعبیه مینمودند .

شرح عمل - برای شروع بکار ابتداء ظرف چدنی‌را ازسرب گداخته پرکرده وروی آن مقداری مواد معدنی سولفور که بامقداری سنك آهك مخلوط شده بود قرار داده وبوسیله دم‌هوارا بدرون آن دمیده تابحالت نیمه خمیره‌ای درآید . پس‌از هرچندی مواد خمیره شده‌رابوسیله پاروئی بیرون‌آورده وروی صفحه چدنی‌درمقابل بوته گسترانیده تااینکه سرب گداخته از سوراخهای آن قطره قطره وارد پاتیل شود .

وقتیکه بوته نامبرده از سرب پرمیشد،سرب لبریزشده از روی صفحه چدنی مقابل بدرون پاتیل جلو سرازیر میگردد . مواد خمیره شکل‌را هرچند وقت‌بامقداری سنك آهك وکك مخلوط کرده وحرارت داده تااینکه سرب محتوی کاملا گداخته شود . کوره بالا وقتی بکار میرود که‌اغلب مواد معدنی بشکل قطعه وتیکه ودرشت باشند ولی اگر مواد اولیه سرب بطور خاکه و نرم باشند و تحت عملیات شستشو و آرایش درآمده باشند درآن صورت آنهارا درکوره شعله کوچکی که دروسط آن بوته‌چدنی قرار گرفته ویا دروسط آن گودالی تعبیه شده ذوب میکنند. دراین‌کوره ابتداء مقداری سرباره کهنه‌را گرما داده تااینکه گداخته شده وروی سطح کف‌کوره را به‌پوشاند و بدین قسم یک صفحه محافظت تشکیل دهد؛ بعداً مقداری مواد معدنی بشکل خاکه در کف کوره گسترانیده و گرما میدهند تا قسمت معظم گوگردان بصورت گاز SO_2 متصاعد شود ؛ آنگاه دربرا محکم بسته ودرجه گرمارا بالا برده تا اینکه سرب از کسیدهای خاکی و گانك جدا شده و قطره قطره در گودال جمع گردد . موادیکه بدینقسم درگودال جمع میشوند عبارتند از : سرب مذاب ، سولفور مذاب ومقداری سرباره.دراین‌هنگام دربهای کوره‌راباز نموده و مقداری آهك بامواد خمیره شکل مخلوط کرده و آنهارا بیرون آورده و روی صفحه چدنی موربی قرار میدهند . درنتیجه سرب قطره قطره درپاتیل جلوی جاری شده ودرآن جمع‌میگردد.

مواد معدنی سرب که مناسب اینطرز استخراج میباشند باید مشخصات زیرین را دارا باشند .

۱ ـ مواد معدنی چه بحالت قطعه وتیکه‌وچه بشکل خاکه‌و پرعیار باید بیش از ۵۵٪ سرب داشته باشند .

۲ ـ موادمعدنی نباید بیش‌از۵٪ SiO_2 داشته‌باشند زیرا هرگاه‌مقدارسیلیس

شکل (۱۸۱) برش قائم وافقی کوره شعله‌ای(روربر) که در گداز سرب معمول است

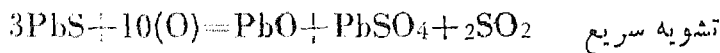
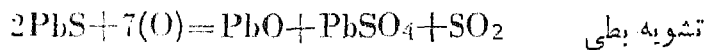
بیش از این حد باشد، سیلیکات سرب تولید شده و در نتیجه مقدار زیادی سرب تلف میشود .

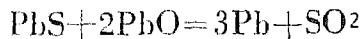
۳ ـ مواد معدنی نباید بیش از ۱۰٪ سولفور آهن (پیریت) در برداشته باشد و نباید سولفور روی (بلند) موجود باشد .

٤ ـ عناصری از قبیل نقره؛ انتی‌موان؛ ارسنیك نباید وجود داشته باشند ؛ زیرا نقره دراین طرز گداز از بین میرود و نمیتوان آنرا بدست آورد . دوعنصر اخیر هم بداخل سرب رفته وازارزش آن میکاهند .

این طریقه گداز سرب‌راطریقه احیاء باهوا نامیده‌اندو فعل وانفعالات شیمیائی که وقوع مییابند اغلب ساده است زیرا مواد معدنی سولفور در نتیجه حرارت ابتداء گوگرد خودرا ازدست داده تشویه میشوند وبعدا بوسیله عامل احیاء کننده که دراین مواد اغلب کربن کك میباشد احیاء شده و تبدیل به‌سرب فلزی میگردد .

تشویه بطی $2PbS+7(O)=PbO+PbSO_4+SO_2$

تشویه سریع $3PbS+10(O)=PbO+PbSO_4+2SO_2$

درنتیجه دمیدن هوا فقط مقداری از مواد معدنی سولفور مبدل به‌اکسید و سولفات میگردندو بعداً این دوماده نیزباهم ترکیب شده و سرب را آزادمیکنند .

$$PbS+2PbO=3Pb+SO_2$$
$$PbS+PbSO_4=2Pb+2SO_2$$

سنگ آهك که‌بعنوان ماده گداز اوربکوره داده میشود باسیلیس مواد معدنی درترکیب درآمده وتولید سرباره سیالی میکند . ازطرفی دیگر سولفور آهن (پیریت) نیز اکسید شده بشکل FeO باسیلیس تولید سیلیکات آهن نموده وبسرباره میرود . البته مقدارکمی سرب بصورت سیلیکات سرب درمی‌آید وبهدر میرود زیرا دیگر نمیتوان این سرب را باز یافت . مقدار سربیکه از این طریقه عاید میگردد یاباصطلاح بازده این طریقه،درحدود ٦٥ـ٧٥٪ است .

گداز سرب بطرز جدید در کوره واترژاکت - امروز قسمت اعظم سرب فلزی ازگداز درکوره واترژاکت که‌مجهز بدستگاه گرفتن غبار ودوده است بدست

میاید زیرا مواد معدنی سرب که متجاوز از ۵٪ سیلیس دارند و درمحتوی سرب چندان غنی نمیباشند و دارای مقادیر معتنابهی نقره هستند دراین نوع کوره عمل میشوند .

مواد اولیه اکسید و سولفات را میتوان مستقیماً بدون عملیات مقدماتی در کوره واترژاکت با سنگ آهک مخلوط کرد و با کک گرما داد و احیاء نمود و تبدیل به سرب فلزی نمود ولی مواد گوگرددار بشکل سولفور را نمیتوان مستقیماً در کوره ذوب نمود و باید در نتیجه تشویه مقدار گوگرد محتوی آنها را پائین آورد و بعداً درکوره واترژاکت اقدام به گداز نمود .

بطورکلی محصولات کوره واترژاکت گداز سرب عبارتند از: ۱ ـ سرب خالص فلزی ۲ ـ مات سرب ۳ ـ سرباره و این سه محصول نظر باختلاف وزن مخصوصی که دارند در بوته کوره روی یکدیگر قرار گرفته و در کوره‌های بزرگ فلز خالص و مات را از یك منفذ و سرباره را ازمنفذ دیگری بیرون میآورند .

تشویه مواد گوگرددار ـ گفته شد که امروز تمام سرب دنیا از گداز مواد معدنی سولفوره بدست میآید و این مواد را باید قبل از گداز تشویه نمود و از گوگرد آنها کاست و الا مقداری سرب بیهوده تلف میشود ؛ از این لحاظ مواد معدنی را بعد از برهیختن از معدن تحت عملیات آرایش و تهیه قرار داده و بصورت خاکه پرعیاری درمیآورند. البته خاکه مزبور تماماً از سولفور سرب تشکیل نشده و خواهی نخواهی مقدار قابل ملاحظه مواد خاکی (گانگ)؛ سولفور روی و آهن و مس و آنتی موآن و ارسنیك در آن موجود است که باید بنحوی برطرف گردند تادرکوره اشکالاتی تولید ننمایند فعل‌انفعالات شیمیائی که درحین گرما دادن سولفور سرب بمنظور تشویه صورت میگیرند از این قراراست.

تشویه بطئی $2PbS+7(O)=PbO+PbSO_4+SO_2$

تشویه سریع $3PbS+10(O)=2PbO+PbSO_4+2SO_2$

FeS_2 + گرما = $FeS+S$

$$FeS+3(O)=FeO+SO_2$$

$$Cu_2S+7(O)=Cu_2O+SO_2$$

$$2ZnS+7(O)=ZnO+ZnSO_4+SO_2$$

عملیات تشویهٔ باید باکمال دقت و مواظبت اجرا شود و نبـاید درجه گرمای تشویه کمتر از ٤٥٠ درجه سانتیگراد باشد زیرا در این درجه قسمت زیادی سولفور مبدل بسولفات گشته و قسمت معظم PbS بصورت $PbSO_4$ درمیآید . اما اگـر مقدار گرمامدت زیادی بالاتر از ٤٥٠ درجه بماند قسمت بیشتر از سولفور تبدیل به PbO می-گردد. مثلا اگر درجه گرما به ٧٥٠ سانتیگراد برسد ، سولفور سرب بشکل خمیره درآمده و ذرات مواد معدنی بهم چسبیده و مانع دخول هوا و اکسیده شدن آنهـا

شکل (١٨٢) دیگ‌ها تنیگتن‌هبرلاین که درتشویه سولفور سرب زیاد بکار میرود

میگردد؛ در نتیجه عمل تشویه ناقص مانده و بتأخیر می افتد. ضمناً هم ممکن است

مقداری سرب فلزی آزادشده ودر این گرما تبخیرشده و از دود کش کوره خارج و تلف‌شود. بهرحال نسبت PbO و $PbSO_4$ که بوجود میآیند بستگی مستقیمی با درجه گرماو مقدار هوای تشویه دارند.

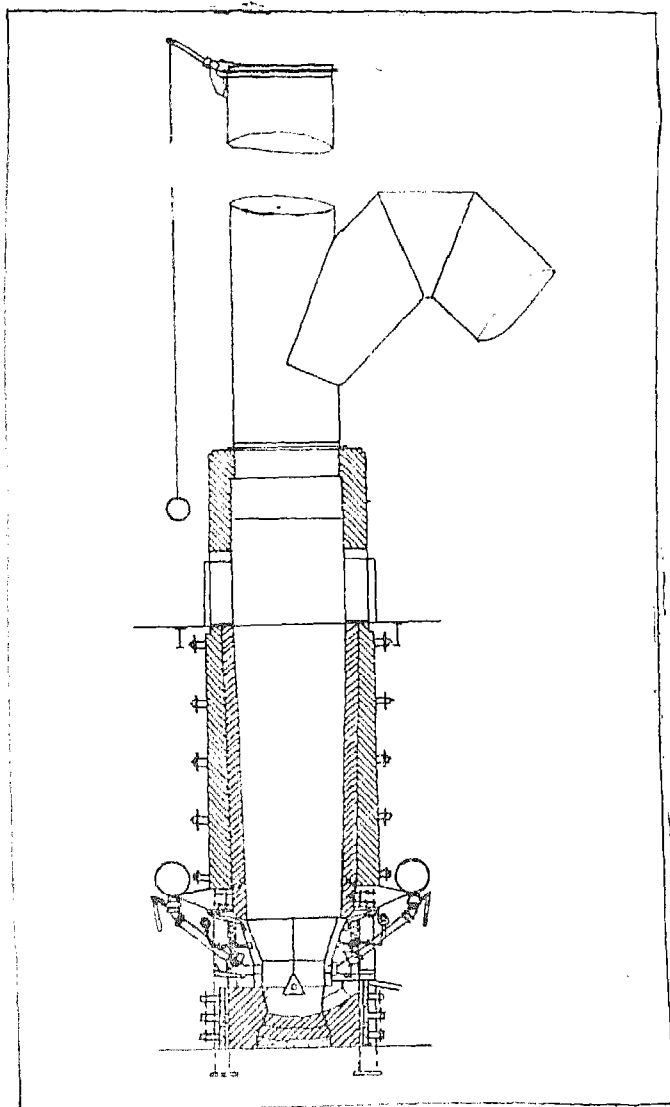
یك مسئله مهم و دشواریکه همیشه مهندسین گداز فلزات باآن مواجه‌میشوند مسئله تشویه میباشد. که آیا باید مواد معدنی سولفور را قبل‌ازگداز تشویه کرد و گوگرد محتوی راکم نمود؟ و یا اینکه مستقیماً آنها را درکوره واترژاکت ریخت و عمل تشویه را با عمل گداز توأم‌نموده و هر دو را در یك‌دستگاه انجام داد؟

اصولا در عمل چنین متداول گشته که مواد معدنی گوگرددار که مقدار گوگرد آنها بیش از ۸٪ میباشد بهتراست قبل‌ازگداز تشویه شوند و در یکی از دستگاههای تشویه، گوگرد آنها گرفته شود. در مواقعیکه مقدار نقره در سنگهای معدنی سرب زیاد است صلاح دراینست که آنها را مستقیماً درکوره بلندگداخته و ذوب نمایند و الا مقداری نقره از طریق تبخیر و تصعید بهدر میرود.

دستگاههای تشویه که امروز در تشویه مواد سولفور سرب و مس زیاد بکار میروند عبارتند از دستگاه وژ و دستگاه دوایت لوئید (جلد اول فصل هفتم)؛ زیرا در این دو دستگاه هم میتوان با کمیتهای زیادکارکرد وهم درجات گرما راکاملا در اختیار داشت. البته مواد معدنیکه در این دستگاهها تشویه میشوند باید بشکل‌خاکه و باصطلاح کنسانتره باشند و برای‌اینکه گداز چنین موادی درکوره واترژاکت‌میسر باشد پس از خاتمه عملیات تشویه ممکنست آنها را بصورت بریکت در آورد. اینك بشرح کوره واترژاکت که درگداز سرب بکار میرود میپردازیم.

کوره واترژاکت - کوره‌ایکه در گداز مواد معدنی سرب بکار میرود عیناً مانندکوره‌ایست که درگداز مواد معدنی مس متداول و معمول است و فقط در بعضی جزئیات ساختمانی با یکدیگر اختلاف دارند. از حیث نمای بیرونی یکسان ولی‌ابعاد و ظرفیت کوره و اترژاکت سرب کوچکتر ازکوره گداز مس است و بوته آن گودتر میباشد، زیرا در اینجا سرب فلزی و مات و سرباره در داخل کوره از یکدیگر جدا میگردند و هریك از مجرای بخصوصی بخارج برده میشوند

سرب فلزیکه در ته بوته‌است بوسیله سیفون مخصوص که در شکل (۱۸۳) مشاهده میشود بیرون میآید.

بلندی ستون بار یعنی موادیکه در کوره جهت گداز قرار گرفته برحسب ظرفیت کوره بین ۵/۵ ـ ۸ متر تغییر میکنند. اندازه‌های مقطع کوره نیز بین

شکل (۱۸۳) کوره واتر ژاکت جهت گداز مواد اولیه سرب

۱×۲/٦ متر و ۱/٥×٤/٥ متر تغییر کرده ومعمولا کوره های کوچك را گرد واستوانه‌ای شکل میسازند .چون گداز مواد معدنی سرب دقت و مواظبت زیادی لازم دارد و از طرفی مقدار سرب محتوی در آنها بیش ازمواد فلزی معدنی مس است لذا کوره‌های واترژاکت سرب را بمراتب کوچکتر از کوره‌هائیکه در گداز مس معمول گشته میسازند و چون دود و گاز هائی که از دودکش و دهانه کوره بیرون میآید ارزش گرمائی و شیمیائی ندارند سر دهانه را اغلب باسمان باز میگذارند .

شرح عملیات کوره – برای روشن کردن کوره ابتداء آتشی ازچوب و هیزم در بوته آن روشن کرده و مدت ٢٤ ساعت مشتعل نگاه میدارند تا اینکه رطوبت درونی کوره بکلی گرفته شود . بعداً بوته را از خاکستر و آتش پاك کرده و تا سطح لوله‌های دم از شمش‌های سرب خالص پرمیکنند و شمش ها را رویهم طوری میچینند که بین آنها منافذی باز باشد تا اینکه گرما بتواند بسهولت از درون آنها عبور کند . سپس روی شمش های سرب مقداری چوب و هیزم و کهنه آغشته به نفت و روغن قرارداده و آنها را مشتعل ساخته و در این حالت میگذارند تا مدت دوساعت بسوزد در اثر تولید گرما،شمش‌ها آب شده و بوته از سرب گداخته پر میگردد . در این موقع لوله‌های باددم رامتدرجاً باز کرده و کوره‌را بارمیدهند .البته باید باررامتدرجاً زیاد نمود تا اینکه در مدت ۷ ساعت کوره کاملا براه افتد و طبق برنامه کار کند .

در کوره‌های کوچك ، مواد معدنی و مواد گدازآور و کك را از انبارهای مخصوصی که نزدیك کوره بناگردیده در اوزان معین برداشته و بوسیله واگنت های مخصوص بسطح بارگیری برده وعمل بارگیری‌را با دست و وسایل انسانی انجام‌میدهند، ولی در کوره هابزرك عملیات بارگیری حتماً باید با وسائل میکانیکی صورت گیرند .

درهرحال کوره را باید طوری بار دادکه بطور منظم و مرتبی کار کند ودر آن نقاط « سرد » پیدا نشود و موادیکه بار را تشکیل میدهند باید بترتیب معین داخل کوره توزیع شده و بتدریج درکوره پائین آمده و گداخته شوند.معمولا توزیع مواد اولیه باید طوری عمل شود که قطعات درشت و بزرك در وسط کوره وقطعات کوچك و ریزدر حاشیه و محیط آن قرار گیرند . چند ساعت بعد از باردادن که مقدار کافی

سرب و سرباره در بوته کوره جمع شد آنوقت میتوان منافذ مربوطه را باز نمود و آنها را بیرون آورد ولی نباید تمام سرباره را از کوره خارج کرد ،زیرا سرباره باعث میشود که مواد بار زودتر گداخته‌شده واز حالت‌جامد و خمیرهٔ مبدل بحالت مایع و گداخته شوند .

سرب فلزیکه در ته بوته گرد آمده بوسیله منفذ مربوطه خارج شده و در ظرف چدنی بزرگی جمع‌آوری میشود تا اینکه فضولات و «کف» و سرباره هائیکه در آن‌ممکن‌است‌موجودباشدبالاآمده‌و گرفته‌شود سپس سرب‌فلزی نسبته‌خالصی‌رایا بوسیله ماشین ویا بوسیله دست درقالبهای مخصوص ریخته و بشکل شمش‌درمیآورند برای اینکه مقداری زیادی سرب و نقره محتوی تبخیر و تصعید نشوند قسمت فوقانی کور باید زیادگرم نگردد یعنی نزدیك به‌دهانه آن شعلهٔ موجود نباشد .

محصولات کوره و اتر ژاکت گداز سرب ـ محصولات کوره باند گدازسرب عبارتند از شمش سرب‌خالص؛مات سرب؛ سرباره؛ دود وغبارات دودکش؛گازمتصاعده اینك بشرح مختصری از هریك میپردازیم :

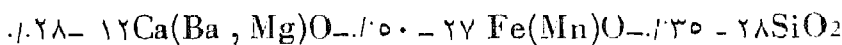
۱ـ شمس سرب ـ سرب فلزیکه درکف بوته‌کوره جمع میشود در قالب‌هائی بابعاد ۹۰×۱۰×۸ سانتی‌متر و بوزن ۴۰ـ۵۰ کیلوگرام‌ریخته شده آنها را شمش سرب و یا باصطلاح (Bullion) مینامند. شمش‌های‌سرب اضافه برمقداری نقره و طلا محتوی ناخالصیهائی از قبیل مس ، آهن ، روی ، انتی‌موان و ارسنیك بوده که باید بر طرف گردد تا اینکه سرب نرم بدست آید . اگر مقادیر طلا و نقره کم باشند ممکن است آنهـا را در سرب شمش باقی گذاشت ولی این سرب نباید برای تبدیل به سفیدآب شیخ بکار رود زیرا رنگ آن را قرمز میکنند بقیه‌ناخالصیهای که ذکر شد باید بوسیلهٔ از سرب بیرون آورده شوند زیرا از خواص وارزش فیزیکی و اقتصادی سرب میکاهند . درشمشهائی که مقدار نقره وطلا قابل‌ملاحظه است میتوان این دو فلزگران بها را بطریقی که بعداً ذکرخواهد شد استخراج نمود وببازارفلزات عرضه نمود .

۲ ـ مات سرب .. ماتیکه در کورهٔ واترژاکت سرب تولید میشود دارای این

ترکیب است : آهن ۴۵ـ۶۰٪، سرب ۱۰ـ۱۵٪؛ مس ۵ـ۱۰٪؛ گوگرد ۲۲ـ۲۵٪؛ و میتوان گفت ازاین‌حیث شباهت زیادی به مات مس دارد .چون مقدار سرب درمات زیاد است لذا آنرا درکناری جمع آوری کرده و بعداً درکورهٔ تشویه گرما داده تا اینکه گوگرد آن بر طرف شود . سپس باموادگداز آورمناسب درنسبتهای معین مخلوط کرده وجزء بار کوره بلند واتر ژاکت محسوب میدارند.

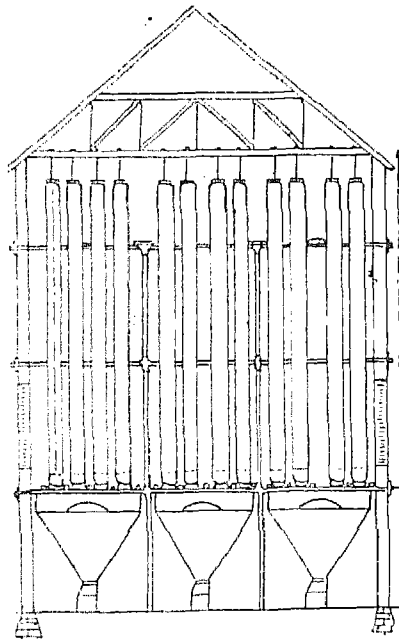
۳ ـ سرباره ـ ترکیب سرباره درکوره بلندگداز سرب، خیلی تغییر میکند بجهت اینکه مواداولیه که درکوره گداخته میشونددارای ترکیب شیمیائی متغیری میباشند. سربارهٔ خوب نباید بیش از ۰/۷٪ سرب دربرداشته باشدووزن مخصوص آن کمتر از ۳/۶ باشد وگرنه بزحمت وبسختی ازسرب شمش جدا خواهدشد .

ترکیب سرباره ممکن است دراین‌حدود تغییر کند .

٪۲۸ـ ۱۲Ca(Ba , Mg)O ـ٪۵۰ ـ ۲۷ Fe(Mn)O ـ٪۳۵ ـ ۲۸SiO$_2$

۴ ـ دوده وغبارات دودکش ـ دوده‌و غباراتیکه در گداز مواد معدنی سرب تولید میشود بمراتب بیش ازدوده ایست که‌درگداز مس بوجود میآید وگاهی اوقات این مواد ممکن‌است تا ۶۰٪ محتوی سرب باشند ، ازاین‌لحاظ باید باوسائلی آنهارا گرفت وجذب نمود ومانع اتلاف آنها شد . وسائلیکه برای جذب وگرفتن آنها بکار میروند عبارتند از : ۱ ـ صافیهای کیسه‌ای ـ ۲ ـ دستگاه الکترو استاتیك لوژکترل LodgeCottrell که‌از وسائل جدید و مدرن بشمار میرود . در قدیم الایام بهترین وسیله گرفتن دوده‌های سرب ،دودکش های افقی طویلی بوده که طول آنها بچندین کیلومتر میرسید مواد متصاعده رااز دهانه کوره بداخل این دودکش های‌افقی هدایت نموده ودرمسیر طولانی سردشده وذرات بشکل گرده درآمده ودرکف دودکش رسوب میکردند .هرچندمدت یکمرتبه بداخل این دالانهای افقی طولانی رفته‌وکف آنهاراپاك کرده وموادجمع شده را باآب آهك مخلوط کرده بشکل بریکت درآورده‌ومجدداً درکوره واتر ژاکت میگداختند.

صافیهای کیسه‌ای ـ ارزانترین و آسان ترین وسیله برای گرفتن دوده وغباریکه از دهانه کوره‌های گداز مس،سرب‌وروی متصاعدمیشوندعبارتند از کیسه های کنفی‌یا پشمی که طبق‌شکل (۱۸۴)دراطاقی از سقف معلق‌میباشند. کیسه هادر اتاقی که‌ابعاد

آن مناسب با ظرفیت کوره است از سقف بطرف کف اتاق معلق بوده و درانتهای هریك وزنه ای آویزان است که آنها را کاملا عمودی و آراسته است نگاه دارد .

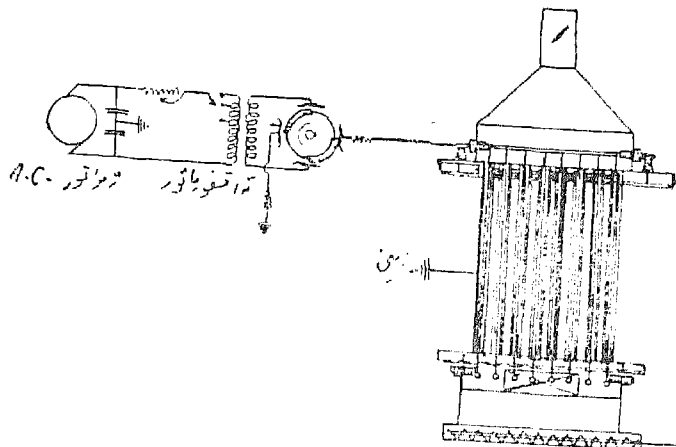
گازیکه محتوی دوده وغبارات است پس از خارج شدن ازدهانه کوره وعبور از چندین لوله پولادی بمنظور سرد شدن، از قسمت تحتانی اتاق وارد شده وازدرون کیسه ها بالامیرود بالاخره از منفذیکه درقسمت فوقانی اتاق غبار گیر ساخته شده یا بدرون دود کش اصلی رفته و یا اینکه جهت ادامه عملیات نطافت، گاز بدستگاه لوژ کترل میرود . ذرات سربی وغباراتیکه در گاز موجودند روی سطوح کیسه ها نشسته وخلل و فرج آنها را پر میکنند. چندی بعد که جریان گاز را قطع میکنند کیسه ها را بوسیله

شکل (١٨٤) صافیهای کیسه ای برای گرفتن دوده وغبارات گازهای متصاعده

وزنه هائیکه بآنها آویزان میباشند بادست یا با وسایل میکانیکی شدیداً حرکت داده و درنتیجه ذرات ودوده ها را درظرفیکه درزیر کیسه ها قرار گرفته اند ریخته و بعداً آنها را بامقداری آب آهك ومواد چسبنده دیگری مخلوط نموده و بصورت بریکت در آورده و مجدداً در کوره ذوب میکنند ویا اینکه بشکل ترکیبات سربی که بعداً شرح

خواهیم داد بکار میبرند .

دستگاه لوژ کترل Lodge Cottrell رسوب کننده‌لوژ کترل عبارت‌است از چندین‌لوله پولادی بقطر ۱۲/۵ ـ ۲۰ سانتی متر و بطول ۵ ـ۶ متر که بطور قائم در اطاقی آویزان میباشند . در وسط هریـك از این‌لـوله‌های قائم یك‌سیـم مسی عایق شده‌آویزان میباشد و بوسیله وزنهٔ که در انتهاء آنها است قائم و آراسته نگاه داشته شده‌اند.دراین سیم مسی یك جریان الکتریکی یك جهة بسیار قوی با اختلاف سطح بین۲۵۰۰۰و۷۰۰۰۰ولت‌درجریان است

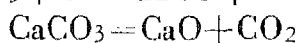
درعمل،جریان الکتریسته ازسیم عبور کرده وبداخل سطوح درونی‌لوله‌میرود ودرنتیجه بتمام ذرات موجود در دوده‌وغبارات‌یك بار الکتریکی منفی‌میدهد،وذرات نامبرده بطرف سطوح درونی لوله جذب شده وروی آن‌ه‌ترسب میگردند .

وقتیکه مقدار کافی ازذرات وغبارات روی‌سطوح درونی لوله‌ها رسوب نمود جریان الکتریسته راقطع کرده‌ولوله‌هاراتکان داده تااینکه ذرات برخاسته ودرظروفی که‌در ته لوله ها قرار گرفته اند ته‌نشین شوند وبعداً که مقدار کافی جمـع آوری‌شد ظرف‌را بیرون‌آورده‌وماننددوده‌های دیگر بشکل بریکت‌در آورده ومجدداً درکوره ذوب‌مینمایند؛بنابراین باینطریق گاز متصاعده را ازذرات‌و غبارات‌پاك ومنزه میسازند .

شکل (۱۸۵) دستگاه غبار گیرالکتر واستاتیك (لوژ کترل)

فعل و انفعالات شیمیائی در کوره گداز سربـ اگر کوره‌واتر ژاکت‌بطور معمول وطبیعی کار کند درجه‌گرمای دهانه آن‌باید در حدود ۲۰۰ سانتی گراد باشد

و این مقدار گرما برای خشك کردن مواداولیه و گرفتن رطوبت کافی میباشد. قدری پائین تر از سطح فوقانی بار، عمل احیاء شدن اکسید آهن (فریك) در نتیجه متصاعد شدن گاز های گرم آغاز میگردد ولی بازقدری پائین تر سنك آهك تجزیه میشود . پس واضح است که هر قدر مواداولیه درکوره پائین تررود این دوفعل و انفعال سریعتر وشدید تر صورت میگیرند و در ۸۰۰ درجه سانتیگراد که حدمتوسط گرمای قسمت مرکزی کوره میباشد فعل و انفعالات مزبور خاتمه مییابد .

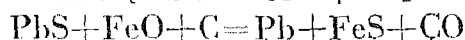
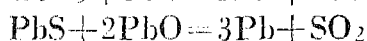
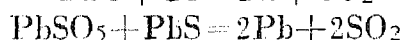
$$Fe_2O_3+CO=2FeO+CO_2$$

$$CaCO_3=CaO+CO_2$$

دراین قسمت مقداری اکسیدسرب PbO بوسیله گاز CO احیاء میگردد وفعل وانفعالات لازمه فیمابین $PbSO_4$ و PbS و PbO بترتیب وقوع یافته و در نتیجه سرب فلزی آزاد شده وقطره قطره در بوته کوره جمع میگردد

$$PbO+CO=Pb+CO_2$$

$$PbSO_5+PbS=2Pb+2SO_2$$

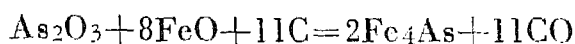
$$PbS+2PbO=3Pb+SO_2$$

$$PbS+FeO+C=Pb+FeS+CO$$

درصورتیکه درمواداولیه مقدارزیادی سولفور سرب PbS تشویه نشده موجود باشد برای احیاء شدن آن ممکن است قدری آهن اسقاط و کهنه بکوره داده شود، زیرا آهن عنصر گوگرد را ازسرب گرفته وآنرا آزاد میسازد .

$$PbS+Fe=Pb+FeS$$

انتیموان موجود دربار نیز احیاء شده و با سرب آزاد گشته تشکیل همبستهٔ میدهد . سرب آزاد بشکل قطراتی پائین آمده و در بوته جمع میگردد ولی درحین سقوط ذرات طلا و نقرهٔ که در مواد اولیه بارکوره موجود هستند در خود گرفته و به بوته میبرد . چون مس میل ترکیبی شدیدی با گوگرد دارد لذا در این شرایط سولفورآن درکوره احیاء نمیگردد بلکه با سولفورآهن ترکیب شده ومات سرب را بوجود میآورد . مات مزبور میتواند درحدود ۱۰ـ۲۰٪ سرب دربرداشته باشد، این نوع مات را درموقع بیرون آوردن سرب فلزی درکناری جمع کرده و بعداً جداگانه عمل میکنند و یا بکارخانه گداز مس میفرستند .

سولفات‌های کلسیم و باریم و روی که دربار هستند هریك بسولفور خود احیاء گشته و بداخل سرباره میروند ؛ ولی اکسید آهن با سیلیس جدار نسوز کوره و سیلیس موجود در بار ترکیب شده تولید سیلیکات سیالی میکند. $FeO+SiO_2=FeSiO_3$. سیلیکات نامبرده میتواند اکسیدهای عناصری از قبیل کلسیم ـ الومینیم ـ مانیزیم و غیره را درخود حل کرده و بصورت سرباره درآورد؛ ولی ترکیبات آرسنور تشکیل اشپایس (Speiss) میدهند.

$$As_2O_3+8FeO+11C=2Fe_4As+11CO$$

در ناحیه گداز کوره که بلافاصله بالای مدخل لوله‌های دم قرار گرفته ، شدت گرما بین ۹۰۰ و ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد بوده و در این ناحیه تمام مواد بشکل مایع میباشند . چون مایعات مختلف دارای اوزان مخصوص متغیری میباشند : مثلا سرب ۱۱/۵ ؛ اشپایس ٦ ؛ مات ۵/۲؛ سرباره ۳/٦ لذا آنها برحسب سنگینی خوددر بوته کوره روی یکدیگر قرار میگیرند و از اینجهت میتوان سرب فلزی نسبتاً خالصی را ازمنفذ مخصوص خود که درقاعده بوته ساخته شده‌است بیرون آورد ولی اشپایس، مات و سرباره را از یك منفذ دیگری که قدری بالاتر است بیرون آورده و هریك را بمنظوری بکار میبرند .

سوخت کوره کك ، زغال‌چوب و یا مخلوطی از هردو میباشد ؛ مقدار آن باید بین ۱۰ـ۱۵ ٪ وزن بار کوره باشد ولی اگر درمواد اولیه سرب که بار کوره را تشکیل میدهند ناخالصیهای زیادی از قبیل روی ، مانگانیز، باریم، مس و کلسیم موجود باشند بدیهی است که مقدار سوخت لازم بیشتر خواهد شد تا احیاءنمودن عناصر مزبور امکان پذیر باشد .

نرم کردن و جدا نمودن نقره از سرب

در بعضی از مواد اولیه سرب که عاری از نقره و عناصر دیگر میباشند پس از گداز آنها یك سرب نسبتاً نرمی حاصل میشود که ممکن است با اندك تصفیه مستقیماً در کارهای صنعتی بکار رود ولی اغلب سنگهای معدنی سرب خصوصاً گالن

که مهمترین ماده اولیه بسیاری از کارخانجات گداز سرب بشمار میرود اضافه بر نقره وطلا محتوی عناصری از قبیل :

مس ، قلع ، ارسنیك ، انتی‌موان ، گوگرد ، آهن، نیکل و روی در اندازه‌های متغیر بوده که سرب حاصله را سخت میکنند . از این لحاظ سرب را باید تحت عملیات «نرم» کردن قرارداد تا اینکه قبل از گرفتن نقره و طلا ، ناخالصیهای فلزی را برطرف نموده ویك عمل تصفیه مقدماتی انجام داد .

نرم کردن سرب‌شمشی[1] ممکن است در کوره کوچك شعله‌ای تصفیه و یا در پاتیلهای چدنی بظرفیت ۱۰ـ۳۰ تن انجام گردد . عملیات نرم کردن به‌دومرحله تقسیم شده است : در مرحله نخست شمش‌های سرب را در وسط کوره چیده ، دربهای آنرا محکم بسته وگرما را متدرجاً زیادکرده تااینکه شمش‌ها گداخته شده و بحالت مایع درآیند. برای مدت‌دو ساعت سرب گداخته را بدین دخول هوا درگرمائی که قدری بالاتر از درجه گدازان میباشدیعنی درحدود ۳۵۰است درجه‌نگاه‌می‌دارندتا اینکه کف و فضولات که‌محتوی‌ناخالصی‌هستندبالا آمده‌وروی آن جمع‌شوند . سپس این‌فضولات را بوسیله ملعقه سوراخ داری از روی سطح سرب مـذاب برداشته و کناری انباشته تا بموقع آنها را عمل کنند . در این کثافات اولیه کلیه مس محتوی در سرب و قدری آهن وگوگرد وجود خواهد داشت و دارای این ترکیب خواهد بود : سرب ۶۰٪ ؛ مس ۱۸٪ ، آرسنیك ۲٪ . در مرحله دوم یعنی پس از برطرف‌نمودن کف وفضولات مشروحه در بالا ، درجه گرمای کوره را بالا برده و بحدود ۶۰۰ـ۶۵۰ سانتی گراد میرسانند و هوای خارج را با بازکردن دربها بدرون کوره وارد میکنند تا اینکـه یـك اتمسفر اکسیدکننده در فضای درونی آن حکمفرما باشد . در اینحالت سرب ، ارسنیك و انتی‌موان اکسیده شده ویك سرباره لیثارژی صورت میگیرد که‌روی سطح سرب گداخته را میپوشاند ومانع شدت نفوذ اکسیداسیون میگردد .

کوره را در این حالت و در این درجه‌گرما مدت ۱۲ ساعت نگاه می‌دارند تا اینکـه تمام ناخالصیهای موجـود فرصت اکسیده‌شدن و بالا آمـدن را داشته باشند؛

---

۱ — Lead Bullion

بعداً تمام اینگونه فضولات را بوسیله ملعقه برطرف کرده و درجه گرمای سرب را پائین آورده و سرب نرم شده را ازکوره بیرون میآورند که بعداً تحت عملیات جدا کردن نقره بطرقیکه قریباً ذکر خواهد شد قرار گیرد .

جدا کردن نقره از سرب ــ بغیر از طریقه کوپلاسیون که درموارد بخصوص بکار میرود ، کلیهٔ نقره و طلائیکه درسرب‌های شمشی موجودند در دوطریقه اصلی که موسوم به طریقه پاتینسون و طریقه پارکس میباشند استخراج میگردند .

طریقه پاتینسون(Pattinson process) روش پاتینسو ناژ برروی این اصل قرار گرفته که هر گاه فلز مذابی که محتوی مقدار کمی از عنصر فلزی دیگری باشد شروع به تبلور نماید ، بلورهائیکه در وهله اول جدا میگردند از فلز اصلی تشکیل یافته و تمایل بدفع فلز دومی دارند . در این مورد اگر سرب کـه محتوی مقادیر جزئی نقره و طلا باشد ، در ظرفی گداخته شود و بعـداً بتدریج و بتانی سرد شود ، بلورهای اولیه که ازمحلول فلزی جدا میگردند خالص بوده ومقادیر بسیار کمی نقره دربرخواهند داشت . این بلورهای اولیه را میتوان درظرف دیگری گذاشت ومجدداً گرما داد و با سرب بیشتری مخلوط کرد و این رویه را هم چنان ادامه داد تا اینکه از یکطرف سرب بدون نقره و از طرف دیـگر سربی کـه از نقره اشباع شده است بدست آید . در اثر گرم و سرد کردن ومتبلور نمودن‌دو محصول بدست‌میآید که‌یکی سرب نرمی است محتوی ۳۸/۵ گرام نقره در تن و دومی سربی است کـه محتوی ۱۳/۹۵ کیلو گرام نقره درهرتن میباشد .

از نقطه‌نظر تئوری؛ممکن است اشباع نقره در سرب تا ۲۱/۱۵ کیلو گرام نقره در تن برسد ولی در عمـل تا ۱۴ کیـلوگرام محـدود بوده و بیشتر نخواهـدشد. محصول دومی کـه محتوی نقره است بعـداً کوپل نموده و همبسته از طـلا و نـقره بدست‌میآید که میتوان بطریقی که درمبحث استخراج طلا ذکرخواهدشد ازیکدیگر جدا نمود .

شرح عملیات ــ جدا کردن نقره از سرب در یکعده پاتیلهای بزرگ چدنی که هریك بظرفیت ۶ــ۱۵ تن میباشند صورت میگیرد . پاتیلهای چدنی که تعداد آنها ۱۵

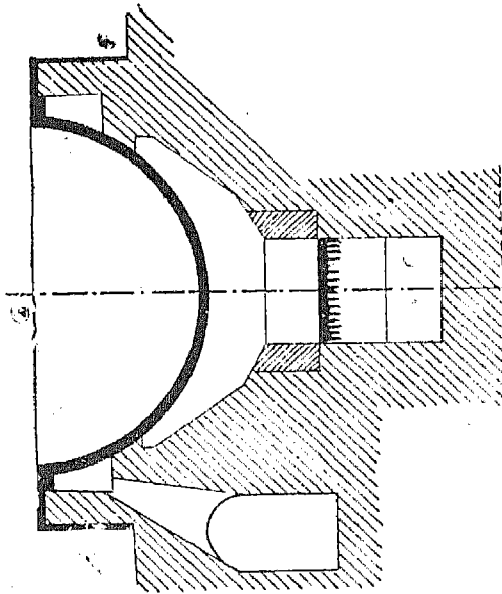
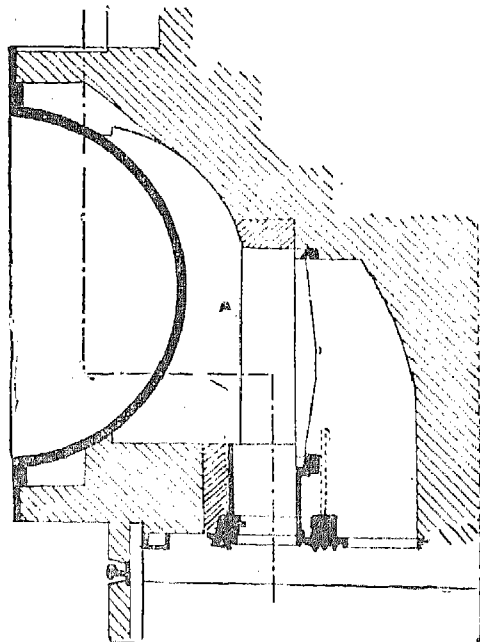
است در روی اجاقهای علیحده کار گذارده شده بطوریکه میتوان هریك را مستقلا آتش کرد و یا آتش آن را خاموش نمود . پاتیلها رادریك‌ردیف یکی بعد از دیگری قرار داده بقسمی‌که محتوی نقره در پاتیل اولی در حد اقل و در پاتیل آخری بحد اکثر میباشد . مثلا اگر محتوی نقره در سربی‌که درپاتیل اولی است درحدود ۳۸/۸ گرام در تن باشد ، پاتیل نمره ۷ دارای ۳۳۰ گرام نقره در تن و پاتیل آخری یعنی نمره ۱۵ محتوی ۱۳/۹۹۵ کیلو گرام نقره‌درتن که‌حداکثر است خواهد بود .

سربیکه‌نقره‌آن باید گرفته شود بداخل پاتیلی‌گذارده میشود که مقدارنقرهٔ آن‌برابر نقره‌محتوی در یکی از پاتیلها باشد.

سرب نقره‌دار را ابتدا در آزمایشگاه تجزیه کرده و مقدار نقره آن را دقیقاً معلوم میکنند ، بعداً در یك پاتیل مثلا پاتیل نمره ۷ سرب را ریخته حرارت داده و بعداً بتدریج سرد میکنند؛یعنی آتش اجاق را بتدریج کم میکنند تا عمل تبلور (Crystallisation) آغاز گردد. بلورهای اولیه‌رابوسیله ملعقهٔسوراخ داری از درون پاتیل بیرون آورده و به پاتیل نمره ٦ انتقال می‌دهند و آنچه بشکل سرب مایع باقی‌میماند به‌پاتیل نمره ۸ انتقال داده میشود . دومرتبه پاتیل‌نمره ۷ را ازسرب اصلی پر کرده و این عمل را تکرار میکنند . در عین حال عمل تبلور در سایر پاتیلها ادامه دارد بقسمی‌که سرب متبلور خالص‌بطرف پاتیل نمره ۱ وسرب مایع که ازنقره اشباع است بطرف پاتیل‌آخری یعنی‌نمره ۱۵ برده شودو بدینقسم ، قسمت اعظم نقره ازسرب مجزا میگردد .

نقل و انتقال سرب متبلور خالص و سرب مایع نقره‌دار ازپاتیلی به‌پاتیل دیگر با دست کار بطئی‌ومشکلی‌است وازاینجهت در کارخانجات بزرك وسایلی‌برای برداشتن و نقل‌وانتقال پاتیلها بکار میرود .

نظر باینکه هزینه عملیات و ساختمان پاتیل‌ها در طریقه پاتینسون زیاد است ، لذا این طریقه نسبة متروك شده و جای خود را بطریقه پارکس‌یا طریقه زینکاژ داده‌است .مهمترین مزیت این طریقه این است که عنصر موذی بیزموت رانیز برطرف

میکند ولی این را باید گفت که مواد معدنی که محتوی بیزموت میباشند کمتر در گداز سرب بکار میروند .

نمای باتیل و اجاق از سمت جلو

نمای باتیل و اجاق از سمت راست

شکل (۱۸۶) باتیلهای استخراج نقره از سرب در طریقه پاتینسون

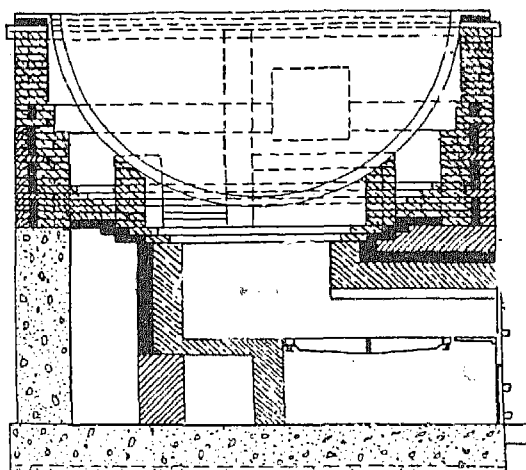
طریقه پارکس یا طریقه زینکاژ (Parkes proces) - این طریقه براین اصل شیمیائی استوار گشته که هرگاه سرب طلا و نقره‌داری را گداخته و در آن مقدار کمی ۱ـ۲٪ فلز روی مخلوط کرده وخوب بهم زنند، روی با نقره‌وطلای‌موجود در سرب تشکیل همبسته سبك وزنـی داده و چـون دارای وزن مخصوص کمتری از سرب محلول‌بوده بالاآمده و روی سطح سرب گداخته شناور میگردد . دراین‌صورت میتوان آن را مانند کف و فضولات فلزات مذاب بوسیله آلت و یا ملعقهٔ برداشت ، و در نتیجه محتوی نقره و طلای سرب را پائین آورد . این عمل ممکن است چندین دفعـه تکرار شود تا اینکه مقـدار فلزات گران بهـای‌محتوی‌درسرب‌شمشی بحداقل برسد .

دراین‌طریقه،برعکس‌طریقه پاتینسون ممکن‌است مقدارنقره درهمبسته روی و نقره تا ۱۲٤/۵ کیلوگرام نقره‌در تن تمرکزپیدا کند و بدین‌مناسبت‌از مقدارسربیکه‌در کوپل تبخیر و تصعید میگردد کمیت قابل‌ملاحظه‌ای بکاهد .

شرح عملیات ـ جداکردن نقره از سرب در این طریقـه ایضا در پاتیل هـای بزرك چدنی برحسب ظرفیت کارخانـه صورت میگیرد . در شکل (۱۸۷) برش قائم یکی از این پاتیلها را کـه روی اجـاق و ساختمان اصلی قرار گرفتـه مشاهـده میگردد . قطر پاتیل بخصوص درحدود ۳ متر وگودی‌آن ۱/٦۵ مترمیباشد وگنجایش ۱۰۰ تن سرب را دارد .

اساس و شالوده ساختمان اجاق و مقر پاتیل چدنی باید بتون مسلح وتیرهای پولادی باشد‌که بتواند فشار۱۲۰ـ۱۳۰ تن را بخوبی تحمل کند .

پاتیل را از سرب گداخته پرکرده و آتش اجاق را روشن نموده و مقداری فلز روی بشکل شمش و بشکل سرباره عملیات قبلی در آن فرو برده و مدتی در این حال نگاه میدارند تا روی در سرب ذوب گردد ، بعداً بوسیله دستگاهی که متصل به پروانه قوی است مخلوط گداخته را بهم زده تا اینکه نقره و طلای موجود در سرب با فلز روی تولید همبسته‌بنمایدوبتدریج بالاآید . درنتیجه پائین‌آوردن درجه گرمای پاتیل ، بر سطح گداخته سرب یك‌قشری می بندد واین‌قشررابا آلت مخصوصی برداشته

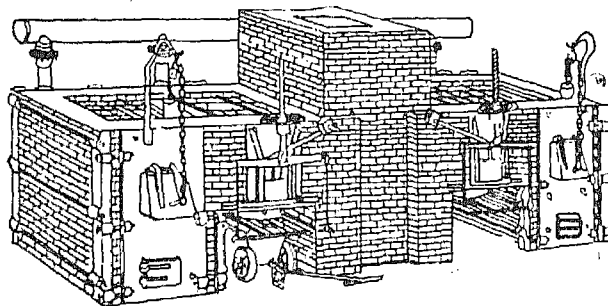
وتحت فشار قرار میدهند تا اینکه ذرات و قطرات سرب بیرون آید .

پاتیل (۹۰ تنی) جهت گرفتن نقره از سرب بطریقه زینکاژ (ZINCAGE)

شکل (۱۸۷)

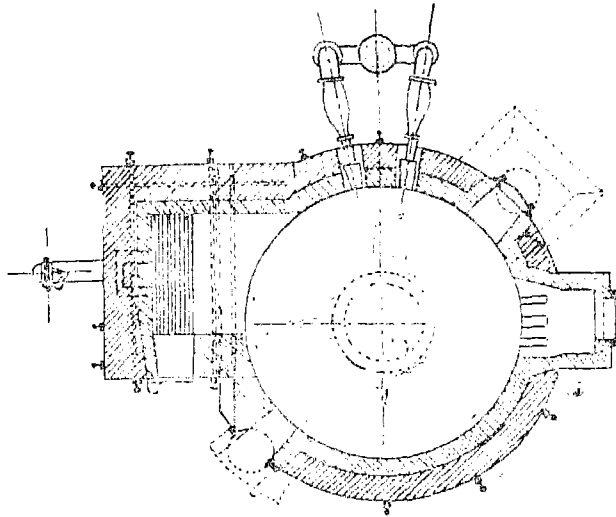
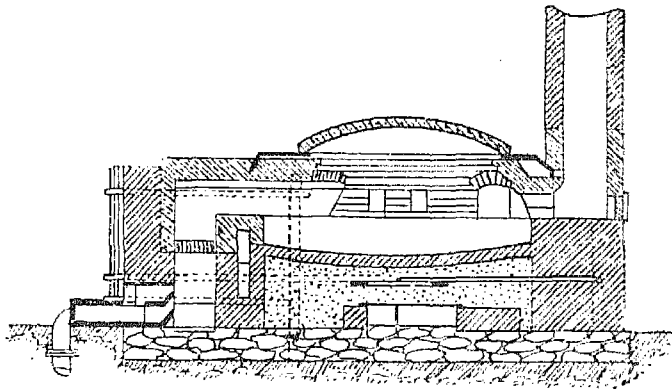
همبسته نقره و روی جسمی است نسبتاً سخت و شکننده و بسهولت شکسته شده و بقطعات مناسبی برای واردکردن در بوته درمیآید، اینعمل زینکینگ (Zinking) یا زنکاژ (Zincage) را باید چندین مرتبه تکرار نمود تا اینکه کلیه نقره ازسرب گرفته شود . البته ناگفته نماند که مقدار کمی روی درحدود ۰/۷٪ در سرب اصلی همچنان باقی خواهدماند. بعداً سرب رادر کوره شعله‌ای کوچکی انتقال داده‌ودر آنجا سرب گداخته را برای مدت ۱۲ ساعت در گرمای ۵۴۰ درجه سانتی گراد نگاه می‌دارند ودرضمن، هوا یا بخار بدرون آن میدمند که روی و ناخالصیهای دیگرا کسیده شده وبشکل کف وفضولات بالاآمده وسرب خالص و نرمی حاصل‌شود .

تقطیر - برای بدست آوردن نقره و طلا،همبسته روی و نقره را که در طریقهٔ زینکاژ بدست آمده دربوته گرافیتی بظرفیت ۵۰ کیلو با مقداری زغال‌چوب قرارداده و یك آلت تقطیر کننده بدان متصل نموده و بوته را برروی اجاقی حرارت داده تا اینکه روی فلزی درگرمای ۱۰۰۰ الی ۱۱۰۰ درجه تبخیر شده‌و درظرف دیگری تقطیر

گردد و بشکل شمش برای عملیات بعدی ریخته شود . پس از آنکه قسمت معظم روی از طریق تبخیر و تقطیر برطرف گردید آنچه در بوته اصلی باقی میماند عبارت است از نقره، طلاوسرب که آنها را نیز بصورت شمش درمیآورند و در کوره کوپلاسیون کوپل نموده وفلزات قیمتی را استخراج میکنند .

کوپلاسیون (Cupellation) مرحله بعدی در عملیات استخراج نقره از سرب عمل کوپلاسیون میباشد و عمل مزبور در کورهٔ که بهمان اسم معروف است صورت میگیرد . کوره کوپلاسیون عیناً مانند یك کوره کوچك شعله‌ایست جزاینکه کف آن متحرك و از خاکستر استخوان‌و سیمان پرتلاند ساخته میشود و برای هردفعه باید آن را از نو ساخت . قالب و اسکلت کف اصلی کوره از چند حلقه بیضی‌شکل که روی شاسی یك واگنت قرار گرفته تشکیل میشود . در خارج کوره ، مخلوطی از خاکستر استخوان و سیمان پرتلاند مانند خمیری درست کرده و داخل

CUPPELLATION FURNACE کوره کوپلاسیون
شکل (۱۸۸)

این حلقه‌ها میگذارند بقسمی که وسط کف آن گودالی یا فرورفتگی بعمق ۹ سانتیمتر تولید شود . پس از خشك شدن، آن را با واگنت حرکت داده و بداخل کوره برده و با بالاآوردن چرخهای واگنت کف کوره را هم سطح ساختمان داخلی کوره میسازند . پس از آنکه کف یا کوپل کوره در کوره جای گرفت ،همبسته و ترکیبات نقره و سربیکه از دو طریقه بالا بدست آمده‌در وسط آن میگذارند و بوسیله سوخت مایع ویاجامد

گرما می‌دهند تا اینکه مواد ذوب شده وبحالت مایع درآیند.

شکل (۱۸۹) یك کوره کوپلاسیون دیگر (نوع آلمانی)

مقداری از سرب ـ مس ـ آهن و روی اگر موجود باشند اکسیده شده و بشکل کف روی سرب گداخته ایستاده که بوسیله پاروئی بیرون آورده شوند. بعداً از دریچه مخصوصی هوا در تحت فشار وارد کرده تا اینکه کلیه سرب اکسیده شود و یا بخورد کوپل (کف کوره) برود. این عمل همچنان ادامه دارد تا اینکه تمام سرب تبخیر شده وازبین برود وهمبسته نقره وطلا در کوپل باقی بماند. نقره و طلا را بوسیلهٔ ملعقه‌هائی بیرون آورده ودرشمش‌های ۳۲ کیلوئی میریزند. شمش‌های نامبرده

را یا مستقیماً بضرابخانه و یا بانکی فروخته و یا آنرا تصفیه نموده و طلا و نقره را از یکدیگر جدا نموده وعلیحده بفروش میرسانند .

تصفیه الکتریکی سرب ـ طریقه بتس (Betts process) . الکترولیز سرب بطریق بتس یگانه طریقی است که موفقیت بازرگانی پیدا کرده و درچند کارخانه در کشورهای کانادا،انگلستان و ایالات متحده‌امریکا عمل میشود .سرب خالص‌را بشکل کاتود ونقره وطلای موجود در سرب را بشکل «لجن‌انود» بدست میآورند .

اصول الکترولیز که در روش بتس بکار میرود عیناً مانند اصولی است که در روش تصفیه الکتریکی مس‌در سیستم مضاعف (پارالل) بکار می‌رود ؛ و اختلاف موجودفقط‌درمحلول‌الکترولیت‌وجزئیات‌ساختمان‌حوضچه‌هاومقدار نیروی الکتریسته وغیره میباشد .

عمل تصفیه مختصراً از اینقرار است : سرب نقره دار را در کورهٔ گداخته و در قالب‌های انود ریخته و بشکل انود درمیآورند و آنها را فیمابین کاتود که از صفحات سرب بسیار خالص ساخته شده در حوضچه‌های الکترولیز آویزان میکنند . محلول الکترولیت ازفلوسیلیکات سرب‌بفورمول($PbSiF_6$) واسیدفلوسیلیسیک(H_2SiF_6) تشکیل شده است.در اثر عبور جریان مستقیم از درون انود و محلول الکترولیت ، فلوسیلیکات سرب تجزیه شده و به یونهای (Pb) و (SiF_6) تفکیک میگردند یونهای (Pb) بطرف کاتود و یونهای (SiF_6) بطرف انود میروند و هریک بار الکتریکی خود را از دست داده و روی سطح انود و کاتودمی‌نشینند . ناخالصیهای موجود در انود یا روی سطح انود خورده شده،باقی میمانند و یا اینکه در محلول الکترولیت افتاده‌و در ته حوضچه‌ها ته‌نشین میشوند که بعداً بیرون‌آورده شده ونقره وطلای آنها گرفته شود .

برای ساختن محلول الکترولیت لازم است ابتداء اسیدفلوریدریک (HF) را ساخت وبعداً آنرا مبدل به اسیدفلوسیلیسیک وفلوسیلیکات سرب نمود .

جهت‌اینکارفلوراسپاریافلوروزکلسیم (CF_2) را کاملا خورد کرده و با اسید سولفوریک به نسبت $\frac{1}{2}$ ۲ به ۳ مخلوط نموده و در یک پاتیل چدنی یا پولادی گرما

داده تا اینکه (HF) مبدل به (H_2SiF_6) گردد . برای ساختن فلوسیلیکات سرب ممکن است سفیدآب شیخ،یعنی کربنات سفید و قلیائی سرب را در اسیدفلوسیلیسیك حـل نموده تا اینکه ($PSbiF^6$) حاصل شود . این دو محـلول‌را در حوضچه‌های الکترولیز که از تخته ساخته شده‌اند و درون آنها از اسفالت اندودگردیده به نسبت معینی ریخته و انود و کاتود را دراین حوضچه‌ها آویزان میکنند .

معمولا انودها را ازشمش‌سرب نقره‌دار ریخته و بابعاد ۰/۹۰×۰/٦۰×۰/۳۰ متر و بوزن ۲۰۰ کیلوگرام میباشند . کاتودراز سرب صد در صد خالص در صفحات نازك و بابعاد قدری بزرگتر از انود ساخته و باهم بطرز اتصال مضاعف در حوضچه‌ها آویزان میکنند .

اختلاف سطح الکتریکی در هرحوضچه در حدود ۰/٤ وات و شدت جریـان الکتریسته ١٦ آمپر برای هرفوت مربـع سطح کاتـود میباشد . فاصلـه انودهـا از یکدیـگر ۱۰ سانتیمتر مرکز بمـرکز بـوده و در وسط آنهاکاتودهاقرار میگیرند درجه‌گرمای الکترولیت باید٤۰درجه سانتی‌گراد ومحتوی۲٪ سرب و۸٪ H^2SiF^6 آزاد باشد .

مقدار سربی‌که در هریك کیلووات ساعت برروی کاتود مترسب میگردد بین ۸/۳ـ۹/۵ کیلوگرام بوده و برحسب شدت جریان ومقاومت تغییرمیکند اگردرسرب فلزات‌روی؛آهن ؛ کبالت‌ونیکل موجود باشند،عناصر مزبور درمحلول الکترولیت حل گشته و پس‌ازاندکی آنرا از قوت میاندازند،ازاینجهت هرروز مقداری الکترولیت را باید بیرون آورد و بجای آن محلول تازه و خالصی در حوضچه‌ها ریخت‌که عملیات الکترولیز بدون مانع پیشرفت‌کند . وسرب خالص بدست آید .

مزایای این طریقه در این استکـه:اولا بازده سرب خالص بیشتر است . دوماً سرب خالص بدون بیزموث بدست میآید ولی درعوض مقدار بیشتری نقره درسرب باقی‌میماند ترکیب شیمیائی‌سرب انودکه دراینطریقه تصفیه میگردد وترکیب سرب خالص‌که بدست میآید و ترکیب لجن‌انودکه محتوی‌فلزات‌گرانبهامیباشد از اینقرار است .

ترکیب شیمیائی سرب انود ـ سرب ۹۷/۶۰٪ ؛ نقره ٤/٥ کیلوگرام در تن ؛ طلا ۰/۵۰ کیلوگرام در تن ؛ بیزموت ۰/۲۹۱٪؛ مس ۰/۰۰/۰۵۵ ؛ ارسنیک ۰/۳۵۲٪ ؛ انتی‌موان ۱/۰۸۹٪ ؛ تلوریم ۰/۰۲۳٪ .

ترکیب شیمیائی سرب تصفیه‌شده ـ سرب ۹۹/۹۸٪ ؛ نقره ۱۲ گرام در تن؛ طلا فقط اثر ؛ بیزموت ۰/۰۰۱۹٪ ؛ مس ۰/۰۰۲۵٪ ؛ ارسنیاك ۰/۰۰۱٤٪ ؛ انتی‌موان ۰/۰۰۰۹٪ ؛ تلوریم صفر؛ آهن ۰/۰۰۲۲٪ .

ترکیب لجن انود ـ نقره ۱۱۲/۳۲ کیلوگرام در تن؛ طلا ۱/۲۵۳ کیلوگرام در تن؛ سرب ۱۷/۸۷٪؛ بیزموت ۹/۹۸٪؛ مس ۱/۳٪؛ ارسنیاك ۷/۲۵٪ ؛ انتی‌موان ۲۸/۰۳٪ ؛ تلوریم ۰/۷۸٪ .

استخراج سرب از مواد اولیه بطریق تر

استخراج سرب ازمواد معدنی درطرق پیرومتالورژی مناسب‌مواد اولیه‌ایست که درمحتوی سرب غنی بوده و یا درنتیجه آرایش و تهیه با وسایل مختلف شست‌وشو وفلوتاسیون محتوی سرب آنهارا به ٤۰ـ۶۰٪ رسانیده‌اند، ولی درنتیجه بهره‌برداری زیاد و مستمر و استفاده زیاد از منابع غنی ؛ مواد اولیه درجه یاك و اعلا رو باتمام است و یا اینکه در اثر جستجو و کاوش مواد اولیه پیدا شده که استخراج محتوی فلزی آنها دیگر بطریقه آتشی مقرون بصرفه نمیباشد؛ البته در این گونه مواردطریقه تر شیمیائی بهترین راه استخراج فلزات خواهد بود . برای سرب طرق مختلفی وضع گردیده که مهمترین آنها عبارتند از حل کردن املاح سرب در محلول نمك طعام یا درمحلول قوی کلوور کلسیم $CaCl_2$ ویا کلورورمانیزیم $MgCl_2$ وبعداً سرب‌را روی آهن ابری (اسفنج) رسوب داده ویا بوسیله الکترولیز بدست میآورند .

مواد استعمال سرب

درکارهای صنعتی سه‌نوع سرب بکار میرود .

۱ـ سرب خالص فلزی ۲ـ همبسته سرب بافلزات دیگر ۳ـ ترکیب شیمیائی سرب و املاح آن :

۱ ـ سرب را بشکل فلز خالص در ساختن لوله برای آب و مواد شیمیائی

اسیدی و قلیائی ؛ جهت پوشش وروکش کابل های الکتریکی و بشکل ورقه‌و صفحه و استرحوضهای بزرك محتوی مواد اسیدی وقلیائی‌وآستردرون ماشین‌ها و تلمبه‌جات کارخانجات شیمیائی که دائماً با اسید سروکاردارند زیاد بکارمیبرند .

سرب را برای گرفتن نقره و طلا از مواد معدنی دیگر در طریقه کوپلاسیون استعمال میکنند .

۲ـ سرب بسهولت وآسانی‌بابسیاری ازفلزات تشکیل‌همبسته داده ودر نسبتهای مختلف تولیدترکیبات متنوعی مینماید .

همبسته‌هائیکه اهمیت صنعتی زیادی دارند عبارتند از فلز چاپ و مطبعه ؛ فلز یاتاقان(فلزات ضد اصطکاك)؛ فلز ساچمه ؛ فلز لحیم ؛ فلز ریخته‌گری و فلزات زودگداز و غیره .

فلزات چاپ از ٪۸۳ سرب و ٪۱۷ انتی‌موان و یا از ۹ قسمت سرب و ۲ قسمت انتی‌موان و ۳ قسمت بیزموت میسازند . در سربی که برای ساختن ساچمه بکار میبرند مقدار ٪۲ ارسنیك اضافه میکنند‌که هم سخت و هم‌کاملا کروی گردد. فلز یاتاقان از سرب و انتی موان و قدری مس و روی و قلع تشکیل‌میشود. ارزان‌ترین لحیم سربی همبسته‌ایست که محتوی ٪۷۰ سرب و ٪۳۰ قلع دربرداشته باشد . همبسته‌ایکه از ۳ قسمت سرب ویکقسمت‌قلع تشکیل یافته‌باشددر۲۲۳ درجه سانتی‌گراد گداخته‌میشود. اگر مقدار قلع به٪۶۵ برسد،آنوقت گرمای‌گداز به ۱۷۱ درجه سانتیگراد تنزل‌مییابد.اضافه نمودن‌فلزاتی‌ازقبیل‌بیزموت؛ کادمیم‌وجیوه‌به‌سرب درجه گداز همبسته را حتی‌ازدرجه قلیان آب پائین‌تر میآورد .

جدول ۳۶ مهمترین همبسته های صنعتی سرب

اسم همبسته یا فلز	سرب ٪ Pb	انتی موان ٪ Sb	قلع ٪ Sn	مس ٪ Cu
فلز چاپ بهترین نوع	۵۰	۲۵	۲۵	
نوع آلمانی	۷۵	۲۳	۲	
	۷۰	۱۸	۱۰	۰.۲٪ مس
معمولی	۶۰	۳۰	۱۰	
فرانسوی	۵۵	۱۲	۵	
لینوتایپ امریکائی (Linotype)	۸۵	۶	۳	
فلز گلوله خمپاره	۹۴	۴۰		
فلز گداز آور حکاکی فلزی	۶۰	۱۵		
فلز (Bearing) امریکائی	۸۵	۱۳		
— — —	۸۷	۳—۵		
برای استر نازک	۹۴	۱۰—۱۲	۱ر۵	
برای استر کلفت	۸۶	—	۲	
فلز لحیم نمره ۱۰	۳۴	—	۶۶	
نمره ۲۰	۵۰	—	۵۰	
نمره ۳۰	۶۶	۷	۳۴	
فلز یاتافاق (ضد اصطکاک) بارسنگین	۸۵	۱۰	۶	
— — — بارسبک	۶۲		۲۷	۰۰/۵-ر۲
فلز ساچمه فشنگ	۹۹ر۵-۹۹ر۸			ارسنیک

۳ - بزرگترین استعمال کننده ترکیبات شیمیائی و املاح سرب صنایع رنگسازی است زیرا ماده اصلی بسیاری از رنگها ، سفیدآب شیخ یا باصطلاح کربنات قلیائی سرب است که فورمول آن $[2(PbCO_3).Pb(OH)_2]$ میباشد.

سفیدآب شیخ را به تنهائی ویا با اکسید روی وسولفات باریم و روغن بزرك باروغن های دیگر بکار میبرند .

سرب سرخ - یاسرنج که فرمول آن Pb_3O_4 میباشد برای رنگ کردن قطعات آهن چدنی و پولادی ازقبیل کشتی ها، پلهای فلزی، نرده ها ولوله ها زیاد بکارمیرود . درلوله کشی برای آب بندی اتصالیها ودرصنعت شیشه سازی زیاد مورد استعمال دارد .

لیتارژ - یا اکسید سرب PbO بعنوان ماده گداز آور ودرصنایع لاستیک سازی شیشه سازی وغیره زیاد مورد استعمال دارند. املاح دیگر سرب در کار های شیمیائی کوچك ودرآزمایشگاه ها ودرداروهای پزشکی مورد استفاده واقع میشوند

ترکیبات مهم سربی ازاینقرارند :

لیتارژ ـ(Litharge) یامونواکسیدسرب PbO ـ این اکسیدمهمترین اکسید سرب است که درکارهای استخراج فلزات بعنوان ماده گداز آور ودرصنایع دیگر بکار میرود. لیتارژ دردوحالت بوجود میاید،اولی موسوم بهماسیکوت (Massicot)ودومی بهلیتارژ Litharge است. ماسیکوت نوع بی شکل و غیر متبلو و برنك زرد است و از گرما دادن سرب دریك کوره باکف وقاعده مسطح و کم ژرفی حاصل میشود ولی اگر درجه گرما رازیاد کنند, PbO ذوب شده ودرحین انجماد متبلور گشته ولیتارژ بدست میآید. لیتارژ بااکسیدهائی که به تنهائی گداخته نمیشوند ازقبیل CaO، BaO، MgO، A_2O_3 ترکیبات زود گدازی تولید میکند. لیتارژ اکسیژن خودرا بسهولت وآسانی بعناصری مانند S، Te، As، Al، Sn، Bi، Cu، Zn، Fe میدهد و آنها را به اکسید مبدل می نماید .

سرنج یا Minium ـ اکسید سرخ سرب که فورمول شیمیائی آن Pb_3O_4 واز امتزاج PbO و $2PbO_2$ بوجودمیآید. سرنج مینمایند. اگر لیتارژ را در ۱۵۰ درجه سانتی گراد حرارت داده وهوا رازیاد کنند آنوقت سرب سرخ حاصل میشود

بی اکسیدسرب PbO_2 یك اکسید کننده بسیار قوی است که بافسفر منفجر میگردد واین ماده رادر صنایع کبریت سازی و باتریها زیاد بکارمیبرند .

سفیداب شیخ ـ[1] کربنات وهیدرات سرب که بفرمول $(Pb(OH)_2)\ 2(PbCO_3)$ میباشد سفیدآب شیخ معروف است. در صنعت به دوطریق یکی کند موسوم بهروش هلندی ودوم طریقه تند وجدیدمیسازند درطریق کندهلندی صفحات نازك سرب خالص بی نقره راروی ظروف(کاسه) گلی یا سفالی که محتوی اسید استیك میباشند قرارداده واطراف آنهارا از پهن تازه ویا پوست پوسیده درخت که بتواند تولید گاز کربنیك بنماید می پوشانند ودراین حالت تامدت ۹۰ روزنگاهمیدارند تااینکه سطوح صفحات سرب خورده شده ویك قشر کربنات وهیدرات روی آن پوشیده شود بعداً این گرد را از بقیه سرب جداکرده تمیز نموده وبشکل سفیداب شیخ بکار میبرند

درطریقه سریع و جدید ، سرب رابشکل گرد ریز درآورده وبااسید

---

۱ — white lead

آستیك مخلوط کرده وبدرون آن گاز CO_2 که‌در تحت فشار است میدمند تاسفید آب شیخ تولید شود

استخراج سرب‌در ایران

آثار وعلائم مواد معدنی سرب چه از نوع سولفور وچه ازنوع کربنات در بسیاری از نقاط کشور که‌اسامی آنها در آخراین‌فصل داده شده یافت میشود ولی از طرف دولت هیچگونه اقدامی برای استخراج این فلز صنعتی تا بحال بعمل نیامده و اغلب معادن مهم سرب را از طریق مزایده باشخاص یا شرکت هائی واگذار مینمایند.

مهمترین شرکت که سرب‌را استخراج کرده،بصورت شمش‌های ٤٥ کیلو گرامی دربازارهای تهران وشهرستانهاعرضه‌میدارد، شرکت«صدریه»است که میتوان آنراتنها و یگانه شرکت‌استخراج فلز درتمام‌کشورپهناور ایران دانست؛ زیرا هیچ مؤسسه‌ملی دیگری‌وجود ندارد که موادمعدنی‌فلزیرا از قشر زمین‌بیرون‌آورده، گداخته وتصفیه نموده وبصورت فلز قابل‌استعمال وواستفادهٔ مستقیم در آورد وبه بازار بیاورد. معادنی که‌در اختیار وامتیازشرکت صدریه میباشند عبارتند از معدن نخلك وچاه خربوزه‌که هردوی آنها درناحیه انارك واقع اند.

مواد معدنی سرب دراین دومعدن از سولفور و کربنات تشکیل یافته و سنگ کوه هردو معدن کنگلو مرات(جوش سیلیس دار) میباشد در نتیجهٔ یك مخلوطی زود گدازی بدست می آید که استخراج و گدازان نسبتا آسان‌است.

اصول استخراج ـ مواد معدنی سرب را از دو معدن سرب بر هیخته وپس از سنك جوری وطبقه بندی بادست و سرند نمودن،سنگهای درشت فلز دار را در کناری‌انباشته وموادیکه‌بصورت‌خاکه‌ونرمه‌بوده‌درلاوك باآب‌شسته که‌ذرات‌فلزی‌از موادخاکی جدا گردد بعداًموادشسته شده‌رابا دست‌بشکل‌نواله‌درمیآورندودرآفتاب خشك‌میکنندبار کوره‌راازمخلوطی از ٢/٣ سنك‌سرب‌دار که‌قسمتی‌ازآنهابشکل‌نواله‌است

و½ سنگ آهن هماتیت پوکه که در کویر جمع آوری میگردد تشکیل میدهند. مواد مزبور رادریك کوره مکعب مستطیل قائمی به ابعاد ۱۰ × ۲/۵ × ۲/۵ متر که مجهز بیك دم (وانتیلاتور) میباشد با ۵٪ وزن بارذغال چوب میگدازند ودر نتیجه یك سرب ناخالصی از منفذ خروجی کوره خارج شده و در پاتیل یاقالبهائی که بشکل شمش هستند جمع آوری میگردد. بعداً سرب نا خالص رادر پاتیل های چدنی که زیر آنها آتش ملایمی روشن است مجدداً گداخته و بوسیله چند عدد شاخه های درخت تر عمل «پولینك» یا «پرشارژ» را انجام میدهندو بدینطریق ناخالصیهای موجود را بشکل کف در آورده و با ملاغه بر طرف میسازند. سرب تصفیه شده که محتوی Pb ٪۹۹/۶ میباشد در قالبهای شمش ریخته ودر بازار بفروش میرسانند.

بزرگترین مصرف کننده این سرب در ایران کارخانجات مهمات سازی ارتش است که از آن فشنگ میسازند.

دردرجه دوم کارخانجات شیمیائی کوچك ولحیم گران میباشند.

اخیراً مقداری سرب هم در معدن اخلومند نزدیك مشهد بوسیله شرکت خصوصی استخراج شده و در بازارهای مشهد بفروش میرود ولی محصول این شرکت هنوز در تهران معروفیتی بدست نیاورده است.

مهمترین نقاطیکه در آنها سرب ومواد معدنی سربی پیدا شده عبارتند از:

۱ ـ تویه در دامغان ۲ ـ سیاه کوه ۳ ـ نیورزین در ۱۵ کیلو متری پل شوسان ٤ ـ کلاك در ٦ کیلو متری کرج ٥ ـ ساروق در ۲۰ کیلومتر شمالی غرب اراك ٦ ـ روزن دره در ٥ کیلومتری میانه ۷ ـ مالاکوه در کنار رود قزل اوزن ۸ ـ کوه بنان (کرمان) ۹ ـ تنگال هادفی ٦ کیلومتری تکثیران (طبس وفردوس) ۱۰ ـ معدن قلعه ناحیه طبس ۱۱ ـ معدن نخلك وچاه خربوزه در ناحیه انارك ۱۲ ـ معدن اخلومند در نزدیکی مشهد ۱۳ ـ معدن نای بند شمال کویر مرکزی ١٤ ـ معدن نجف آباد در ٥ کیلومتری جنوب اصفهان ١٥ ـ کوشاك در ٤٨ کیلومتری شمال غربی کوشك.

فصل بیست و دوم

روی

تاریخچه ـ بطور یقین میتوان گفت که اقوام ما قبل تاریخ به فلز روی آشنا نبوده و اطلاعی از طرز استخراج آن نداشته و قادر بگدازآن نبودند زیرا احیاء نمودن روی احتیاج به گرمای زیادو یك اتمسفر احیاء کننده قوی دارد. رومیها فلز روی را در ۳۰۰ سال قبل از مسیح درساختن بت وصنم ومجسمه های کوچك بكار میبرده اند اگر چه آورده شده که اولین قومیکه موفق باستخراج روی از مواد معدنی شده چینیها بودند وفن وهنر گداز واستخراج روی ازاین کشور در سال ۱۷۴۳ میلادی به انگلستان برده شد. درسال ۱۸۲۰ میلادی صنعت استخراج روی در بعضی کشورهای اروپا از قبیل المان وبلژیك کاملا بر قرارشده بود ودرامریکا ازسال ۱۸۳۵ میلادی آغاز گردید وامروز کشور نامبرده بزرگترین تولید کننده فلز روی بشمار میرود.

خواص فیزیکی ـ روی فلزیست آبی رنك مایل بسفیدی، بوزن مخصوص ۷/۰۴ ـ ۷/۱۴، از قلع سخت تر واز مس بازپخت شده نرم تر وسختی آن برحسب برداشتن خراش ۲/۵ است. روی دردرجات معمولی گرما، ۵ـ۱۵ درجه تردوشکننده بوده و بسهولت باضربات چکش میشکند. در گرمای ۱۰۰ الی ۱۵۰ درجه بقدری خاصیت چکشخواری و کشیدن آن خوب میشود که میتوان آنرا تحت عملیات نوردد رآورده بشکل صفحه، ورق، مفتول وسیم تغییر شکل دادولی در ۲۰۰ درجه مجدداً ترد و شکننده میشود بقسمیکه خورد و متلاشی شده و بشکل گرد در میآید. روی خالص در ۴۱۹/۴ درجه سانتیگراد ذوب گشته و در ۹۰۷ درجه بقلیان وجوش در میآید.

خواص شیمیائی ـ علامت شیمیائی عنصر روی (Zn) ووزن اتمی آن ۶۵/۳۸ تعیین گردیده ؛ هوای خشك و خالص چندان تأثیری برروی ندارد و هوای مرطوب و مخصوصاً هوائیکه مقدار قابل ملاحظه گاز کربنیك CO_2 دارد تشکیل یك فیلم نازکی

روی سطح فلزی روی داده و سطح آنراکدر کرده ولی در عوض این غشاء نازك مانع خورنده‌گی وزنگ زدن آن میشود . درگرمای ۵۰۰ درجه C و در مجاورت هوای آزاد، روی باشعله‌ابی نزدیک بسفید رنگی سوخته و تبدیل به‌اکسیدروزنگ (ZnO) میگردد . بهترین محالل روی اسید سولفوریك و اسیدکاربدریك میباشند . روی برتمام فلزات سنگین الکتروپوزیتیف بوده وآنهارا ازمحلول‌های مربوطه‌میتواند ته‌نشین نماید .

مواد اولیه وسنگهای معدنی

سنگهای معدنی روی که مواد اولیه آنرا بوجود میاورند نسبتاً کم و محدود میباشند و دونوع آنها بیش ازانواع‌دیگر که‌فقط درنقاط‌بخصوصی پیدامیشوندعمومیت داشته و دربسیاری از نقاط کره زمین درسنگهای آتشفشانی بحالت سولفور و کربنات بدست میایند .

بطور متوسط‌محتوی روی فلزی درمواد اولیه‌درحدود ۱۰ـ۱۵٪ (Zn)میباشد ولی چون طرقیکه دراستخراج روی امروز متداول ومعمول است احتیاج بمواداولیه غنی‌تری دارد لذا لزوما پس‌از برهیختن ، موادمعدنی رابوسیله‌دستگاه ـآرایش‌و تهیه ازقبیل شستن بوسیله میز ویافلی ودرستگاه جیگ و فلوتاسیون محتوی فلزی آنها را ازمواد خاکی وناخالصیهای‌دیگرجداکرده وماده پرعیاری‌که بین ۴۰ـ۵۰٪(Zn) داشته باشد بدست میاورند . مواد معدنی مرکب از چند عنصر از قبیل روی ،سرب مس وآهن وگوگرد راامروزه‌بوسیله فلوتاسیون انتخابی عمل نموده وروی وسرب‌را ازیکدگر جدا نموده‌بقسمیکه میتوان‌آنها رابدون اشکال گداخت‌ومبدل به‌فلز نمود. مهمترین مواد اولیه روی از اینقرارانند .

۱ ـ سولفورروی ـ سولفورروی‌که دراصطلاح کانی شناسی معروف به بلند [۱] یااسفالیریت [۲] وبفورمول ZnS میباشد بیش از سایر مواد درقشرزمین موجـود و استخراج میگردد ؛ نوع خالص آن درحدود ۶۷٪ Zn دارد علاوه بر سولفورروی

Sphalerite — ۲ Blende — ۱

همیشه مقداری ازسولفور آهن ؛ کادمیم ، مس وارسنیك بهمراه این ماده بوده که قبل از اقدام بعملیات استخراج و گداز بایستی برطرف گردند.

سولفور آهن و کادمیم تولید اشکال نموده زیرا سولفور آهن در بوته مبدل به اکسید گشته و باجدار درونی بوته تولید سیلیکات آهن نموده و پس از اندك زمانی آنرا سوراخ میکند. سولفور کادمیم درروی حل‌شده وخواص‌فیزیکی ومیکانیکی آنرا خراب میکنند.

۲ ـ کالامین [۱] ـ کالامین بفرمول $Zn_2(OH)_2SiO_3$ سنگی‌است سفیدرنك ونوع خالص آن درحدود ۵۷/۱٪ روی دارد . این ماده اغلب در قسمت بالای رگه بلند نزدیك بسطح زمین بوجود آمده است و از تغییر شکل و دگرگون شدن مواد گوگرددار تولید میشود. این ماده ازنقطه نظر استخراج و گداز چندان اهمیتی‌ندارد زیرا بمقدار کافی و زیاد پیدا نمیشود و بیشتر آنرا بمصرف ساختن اکسید دوزنك بکار میبرند.

۳ ـ اسمیث سونیت [۲] ـ کربنات طبیعی روی بفورمول $ZnCO^3$ را اسمیث سونیت مینامند . ماده نامبرده از تغییر شکل یافتن و دگرگون شدن مواد سولفوره پیدا میشود . رنك آن سفید و نوع خالص آن در حدود ۵۲/۱٤٪ روی دارد و از مهمترین و مطلوب‌ترین مواد الیه روی بشمارمیرود ؛ زیرا میتوان آنرا مستقیماً تحت عملیات گداز قرار داد .

٤ ـ زنکیت [۳] و فرانکلینیت ـ [٤] اولی بفورل ZnO و دومی بفورمول $ZnO.\ MnO.\ Fe_2O_2$ فقط درناحیه‌ای موسوم به Franklin Furnace در ایالت نیوجرسی دراتازونی یافت واستخراج میگردد.

منابع مواد اولیه روی دربسیاری از ممالك دنیا کم و بیش موجود است ولی ممالکیکه درآنها به کمیت و اندازه‌های زیاد وقابل ملاحظه بوجود آمده و در نتیجه آنهارا تولیدکنندگان این فلز بشمارمیاورند عبارتند از ایالات متحده امریکا در ناحیه رودخانه میسوری ؛ (یوتا) ایداهو ومونتانا .درکانادا درکلمبیای انگلیس. درآلمان‌در

---

۱ ـ Calamine ۲ ـ Smithsonite ۳ ـ Zincite ٤ ـ Franklinite

ناحیه سیلیزی شمالی و ناحیه رودخانه راین و ناحیه و ستفالی . در کشور بلژیك . در استرالیا در ناحیه بروکن هیل . درجزیره تاسمانیا و بالاخره درمکزیك و دراسپانیا و در فرانسه و بمقدار کمی درانگلستان یافت و استخراج میگردد .

اصول استخراج روی

استخراج روی فلزی ازمواد اولیه وسنگهای معدنی دردوطریق اصلی که اولی موسوم به پیرومتالورژی یا روش قدیم ودومی موسوم به هیدرومتالورژی یاروش مدرن است انجام میگردد . اینك بشرح آنها میپردازیم .

۱ـ طریق خشك و آتشی عبارت است ازتشویه نمودن مواد گوگرد دار روی به حدیکه کلیه گوگردان ازبین رود ودر نتیجه مبدل باکسیدروی یعنی ZnO بشود . مواد اولیه که بحالت اکسید طبیعی ویاکربنات بوجود آمده‌اند تکلیس نموده تااینکه رطوبت وآب شیمیائی وگاز کربنیك آنها دفع گردد و در نتیجه اکسید روی بدست آید،سپس اکسید مزبوررا دربوته‌های مخصوصیکه ازموادنسوزساخته شده ودرکوره های مخصوص گداز روی قرار گرفته‌اند بامقداری‌مواد کربن‌دارازقبیل‌زغال درخشنده (انتراسیت) و یاکك خورده و یا زغال چوب مخلوط کرده و شدیداً تا ۱۳۰۰ درجه گرما میدهند . درتحت چنین شرایط مساعداکسید روی احیاشده و روی فلزی آزاد میگردد ودراین گرماکه بیش ازگرمای لازمه برای قلیان روی است گاز های روی تقطیرشده ودرظرف مخصوص که خارج ازبوته قرارگرفته جمع میگردد .

سولفورروی (بلند) یکی ازمواد گوگرداریست که تشویه نمودن و از بین بردن گوگردان بسیارمشکل ودشوار است وبرای اینکه تمام گوگرد محتوی دفع شود ، مدت وسوخت زیادی لازم است که عمل‌تشویه بطوریکه بایدوشاید صورت گیرد. احیاء بعدی اکسیدروی سوخت زیادتری‌مصرف میکنند و ازاین لحاظ استخراج روی درطریقه پیرومتالورژی وقتی مقرون بصرفه و اقتصاد است که سوخت زیاد و ارزانی دردسترس باشد والاطریقه‌تر وشیمیائی که بیشتر مقرون بصرفه است باید بکار رود .

۲ـ طریقه «تر» یاهیدرومتالورژی‌رویـ بلافاصله بعدازبروزجنگ‌جهانی اول‌تقاضای صنایع مختلفه بفلزروی ومخصوصاً کارخانجات برنج سازی به روی خالص

جهت ساختن فشنگ ، توپ و تفنگ بقدری زیاد گردید که متخصصین فن گداز فلزات وشیمی‌دانان را وادار نمود که درصدد پیدا کردن و کشف روش های دیگری برای استخراج روی خالص از مواد اولیه آن برآیند ؛ بالاخره بعد از آزمایشهای زیاد و تحقیقات لازمه طریقه حل کردن املاح روی درمحلول مناسب ورسوب دادن آنها بطریق الکترولیزرا عملی نمودند واشکالات فنی واقتصادی آنرا بتدریج مرتفع ساختند .

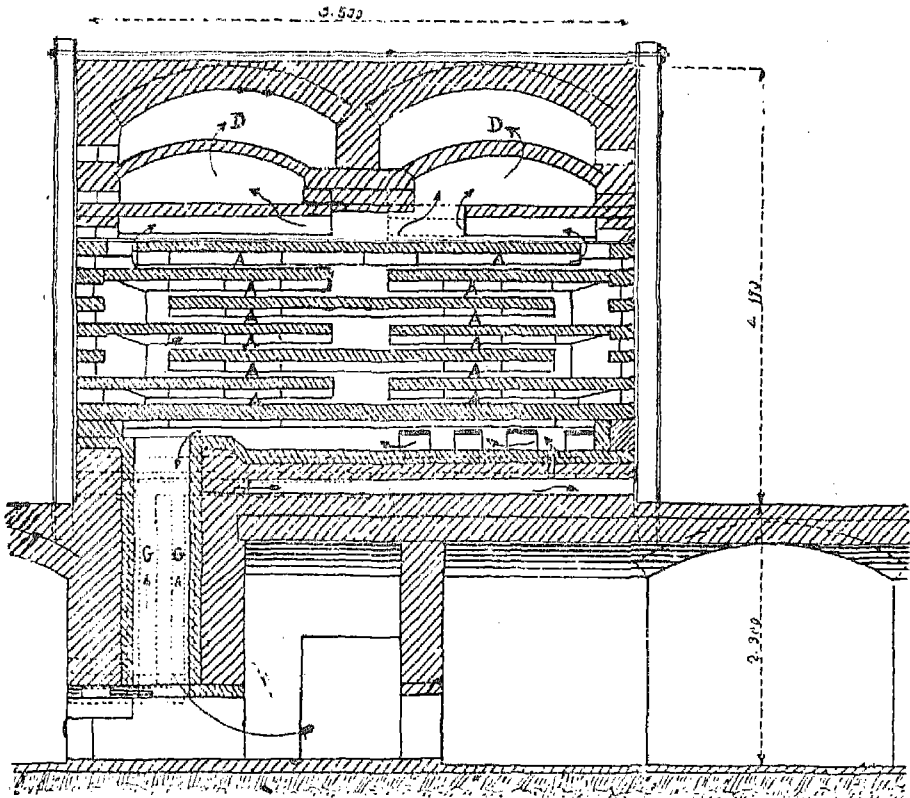
طریقه شیمیائی - عبارت است ازتشویه مواد اولیه روی و تبدیل مواد گوگرد دار به اکسید ZnO ومقداری سولفات $ZnSO_4$. عملیات تکلیس درحداکثر گرمای ۴۰۰ درجه C بایدانجام گیرد واین گرما برای دفع SO_2 و H_2O مواد اولیه روی کاملا کافی میباشدو کوره‌ایکه بمنظوراینکاراستعمال میشودازنوع کوره بلند آهک پزی است که در مبحث کوره‌های صنعتی جلد اول فصل ششم شرح آن داده شده . مواداولیه را باسوخت درطبقات مترادف وعقب سرهم از دریچه فوقانی نزدیک بدهانه کوره داخل کرده و هوای لازم جهت احتراق راباجریان طبیعی ازدریچهٔ که در زیر کوره ساخته شده بدرون آن وارد میکنند ومواد تکلیس شده راازهمان دریچه بیرون میآورند.مصرف سوخت دراین عمل نباید از ۱۰٪ وزن بارتجاوز کند . موادیکه تکلیس میشوند بایدقبلا بوسیله ماشینهای سنگ شکن شکسته شده وبقطعات کوچک که حد متوسط قطر انها ٤ میلیمتر است درآمده باشند واگرنه کوره راخفه کرده و عملیات متوقف میشوند . کوره‌ایکه بقطر ۳ متر وبلندی ٦/٥ مترمیباشد میتواند درهر ٢٤ ساعت مقدار ٤٠ تن مواد خام را تکلیس کرده وآماده برای استخراج واگذاربنماید .

تشویه - مقصود ازتشویه بلند (ZnS) برطرف نمودن کلیه گوگرد محتوی و تبدیل آن فه (ZnO) میباشد وعمل تشویه باید طوری انجام گیرد که تمام گوگرد موجودسوخته ومبدل بگاز SO_2 شد و متصاعد گردد ولی سولفورروی را نمیتوان باین سهولت تشویه کامل نمود وحتی دربهترین شرایط درمحصول تشویه شده ممکن است ۰٫۵ الی ۲٪ گوگرد باقی بماند . در شرایط متوسط مقدار گوگرد باقی مانده تا ۵٪ میرسد . آنچه ازمواد تشویه شده بشکل سولفور باقی میماند دیگر در کوره احیاء گشته وبشکل سولفورازبین میرود و ازمقدار محصول فلزی میکاهد . سولفور روی را

وقتی میتوان بهٔ بهترین وجهی تشویه نمود که کاملا خرده وریز باشد و قطر متوسط ذرات آن بین ۱ ـ ۲ میلیمتر باشد یعنی باندازه دانه‌های گندم وجـو . البته نبـاید از اینمقدار ریزتر باشد . زیرا دراینصورت هوا نمیتواند بـا تمام ذرات تمـاس پیدا کند و گوگردآنها را بسوزاند. درجه گرمای تشویه بایدکاملا تحت اختیارباشد و در مواقعی ازحد معین تجاوزنکند زیرا اگردرجه گرمای تشویه کم وپـائین بـاشد،سولفات روی ($ZnSO_4$) همچنان دراین حالت مانده وتجزیه و تفکیك به (ZnO)نمیگردد .اگر درجه گرما زیاد وبالا باشد ، سولفور روی گداخته شده و حالت چسبندگی پیدا کرده وسطوح ذرات را پوشانیده ومانع ادامه عمل تشویه میگردد ؛ درنتیجه تشویه ناقص میماند. اشکالات‌نامبرده درعمل مانع میشوند که سولفورروی بطور کامل تشویه شود وبهترین وقتیکه میتوان گفت که عمل‌تشویه‌به‌بهترین‌وجهی‌انجام‌گرفته است که‌محتوی گوگرد بطورمتوسط ۱٪ باشد،آنوقت درجه گرمای‌تشویه دراوایل امر بین ۵۰۰ـ۶۰۰ سانتی گرادمتیواندباشد . موادمورد تشویه‌راباید دائماً بهم‌زده‌تا همیشه‌سطوح‌تازه‌تری با هوا درتماس باشند . درانتهای عمل باید گرما را زیاد کردودرجه‌آنرا به ۸۰۰ـ۸۵۰ سانتی گراد رسانید تا اینکه‌کلیه گوگرد سوخته شده وبشکل گاز SO^2متصاعد شود .

اگرباسولفور روی سولفورآهن همراه بـاشد درکوره تشویـه این دوسولفور پس ازتشویهٔ شدن‌وتغییریافتن باکسید،باهم‌ترکیبی‌بفورمول : ($ZnO . Fe^2O^3$)داده که در بوته احیـاء نمیشود و از مقدار روی‌که بـاید تبدیل به فلز و محصول مفید گردد میکاهد .

کوره های تشویه ـ چون تشویه موادگوگرد دار روی باید طوری انجـام گیردکه‌کلیه گوگرد محتوی ازبین رود وتمام سولفورمبدل باکسید وسولفـات گردد ، ازاین جهت نمیتوان مواد اولیه روی را بشکل توده فوق هم قرارداد و درفضای آزاد تشویه نمود، ویا اینکه مواد را درکوره بلندآهك پزی ریخت ودرآنجا تشویه کرد ، زیرا اولا مواد معدنی که امروز ازمعادن روی استخراج میگردند قبل ازاینکه‌تشویه شوند تحت یکنوع عملیات آرایش و تهیه جهت بالا بردن عیـار و محتوی فلزی قرار میگیرند وبدین‌لحاظ بشکل‌دانه‌های ریزوذره میباشند والبته اینگونه مواد را نمیتوان

درکورههائیکه ذکرشد تشویه نمود.تشویه مواد اولیه روی اغلب درکوره های شعلهٔ
ازنوع موفلکه مجهزبا وسایل بارگیری وهم زدن میکانیکی میباشند صورت میگیرد

شکل (۱۹۰) کوره تشویه مواداولیه روی

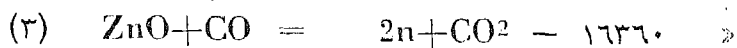
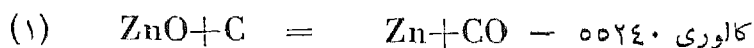
دراین کورهها هم میتوان درجات گرما را بخوبی دراختیارداشت وهم موادرابهترهم زد
تاذرات تماس نزدیکتری با اکسیژن هواپیدا کنند.مهمترین کورههای تشویه میکانیکی
که امروز درهرکارخانه گداز فلزات و شیمیائی بزرك موجودند عبارتند ازکوره وژ
Wedge؛کوره هرشوف Herschoff وکوره دوایت لوئید Dwight Lloyd که
شرح آنها درجلد اول فصل هفتم داده شده است .

تقطیر روی ازمواد اولیه

مواد اولیه روی را نمیتوان مانند مواد اولیه سایر فلزات درکوره بلند و اثر

ژاکت و یا در کوره شعلهٔ معمولی بامواد گداز آورمخلوط کرد و گرما داد و از حالت جامد تبدیل به حالت مایع نمود : زیرا بطوریکه گفته شد وجود گاز کربنیك که اغلب درفضای اینگونه کورهها موجود است ، روی احیاء شده را مبدل بـه اکسید نمود و عملیات را خنثی میکند . یااینکه بیشتر روی تبخیر شدهومانند گازی ازدود کش متصاعد شده و بهدرمیرود . استخراج روی ازمواد اولیه بطرزیکه امروزمتداول ومعمول است میتوان یك نوع عمل تبخیر وتقطیر دانست زیرا مقداری ازاکسید روی(سولفور تشویه شده) را بامقداری مواد کربن دار، دریك بوته یا قرع نسوزی ریخته ومخلوط کـرده و تا ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد شدیداً گرما داده تا اینکه اکسید روی در مجاورت عـامل احیاء کننده قوی که ذغال خالص و یا اکسید دو کربن باشداحیاءشده، روی فلزی آزاد گشته و بشکل بخار سنگین ازبوته بیرون آمده و درآلت تقطیری که به انتهای بازبوته متصل است تقطیر گشته و بشکل مایع فلزی در آید .

فعل و انفعالات شیمیائی که در حین عمل احیـاء در بوته وقوع مییابنداز این قرار است :

(۱) $ZnO+C = Zn+CO$ − ۵۵۲۴۰ کالوری
(۲) $CO_2+C = 2CO$ − ۳۶۸۸۰ »
(۳) $ZnO+CO = 2n+CO^2$ − ۱۶۳۶۰ »
(۴) $2ZnO+C = 2Zn+CO^2$ −۷۱۶۰۰ »

باریکه درقرع گذارده میشود عبارت است ازمواد اولیه روی تکلیس یـاتشویه شده باضافه ۴۰ـ۶۰٪ مواد کربن دار که بازغال انتراسیت و یا زغال چوب و یامخلوطی اززغال سنگ و کاك خرده میباشد. احیاء اکسید روی بوسیله کربن در گرمای قدری بالاتر ازدرجه قلیان روی فلزی آغاز و در ۱۳۰۰ درجه سانتی گراد خـاتمه مییـابد . اکسید دو کربن که درفعل وانفعال(۱) تولید میشود بعنوان عامل احیاء کننده مقدار بیشتری ازاکسید روی را طبق فعل وانفعال (۳)احیاءمیکند . البته درفضای درونی قرع ، مقدار عوامل احیاء کننده موجود بیش از حد کفایت ولزوم باید باشد تـا اینکه گاز کربنیك حاصله از فعل وانفعالات (۳) و(۴) بوسیله آنها طبق رابطه (۲) احیـاء شده و مجدداً مبدل به اکسید دو کربن گردد واگرنه گاز کربنیك CO_2 موجود، روی فلزی آزاد شده

را مجدداً اکسیده نموده وبشکل گرد آبی رنگی درمیآوردوسبب اتلاف روی میگردد.

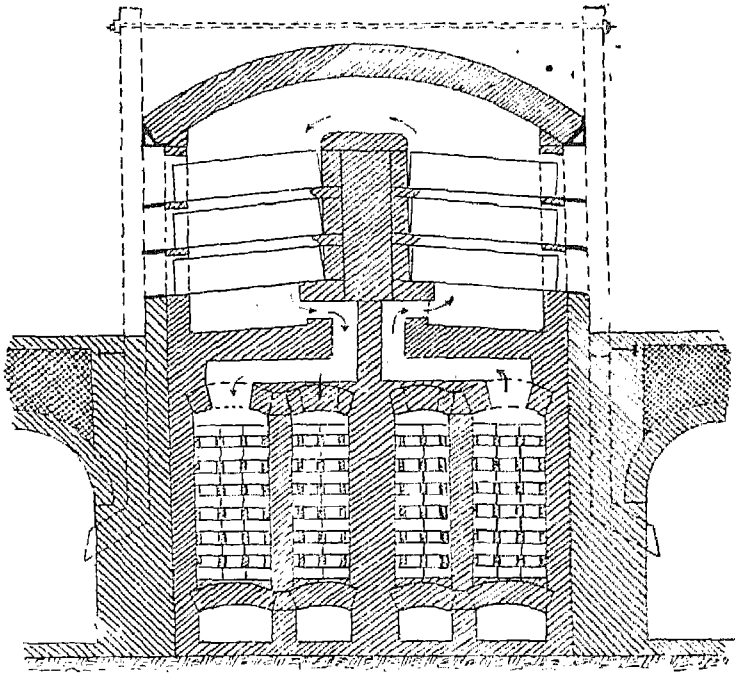
بطوریکه ملاحظه میشودکلیه فعل وانفعالات شیمیائی که در حین عمل احیاء بوقوع میپیابند ازنوع گرماگیر یا (Endothermic) بوده و ترکیب و ادامه آنها احتیاج بگرمای خارجی دارد .

عملیات احیاء ZnO در ۱۳۰۰ درجه سانتی گراد خاتمه میپابدولی درجه قلیان روی فلزی خالص در حدود ۹۰۷ درجه سانتیگراد میباشد . بدین لحاظ ذرات روی آزاد شده بشکل بخارات سنگین بوسیله جریان گاز CO ازبوته یا قرع خارج شده و در آلت تقطیر که بشکل سرپوشی بدان متصل است تقطیر گشته ومبدل به فلز مایع میگردد. حرارت آلت تقطیر (Condenser) باید نه زیاد بالا باشدکه روی نتواند تقطیر شود ونه زیاد پائین باشدکه بخارات روی بصورت گرد آبی رنگی که مرکب از ZnO و Zn میباشد درآیند .

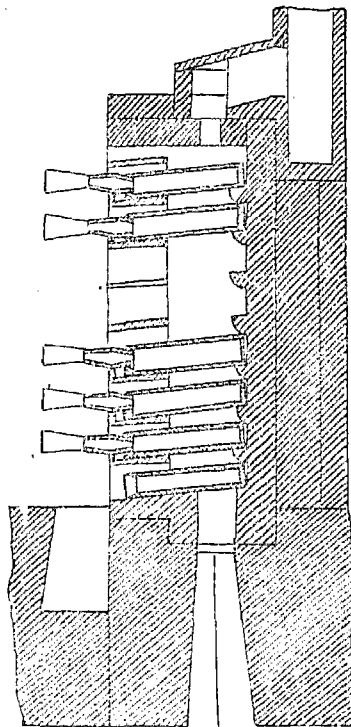
کوره تقطیر - کوره‌های تقطیر روی که در کشورهای مهم که دارای صنعت استخراج روی بطریق آتشی میباشند ازقبیل بلژیك. آلمان - انگلستان وامریکا اگرچه ازحیث ساختمان ونوع سوخت وطرزاحتراق متنوع و مختلف میباشند ولی اگر ازجزئیات و نقشه ساختمانی ووسایل وروش کارصرف نظرشود مشاهده خواهد شدکه تماماً ازیك اصل کلی پیروی کرده وبرآن استوارمیباشند . اصل مزبور عبارت است از قرار دادن مواد اولیه روی تکلیس یا تشویه شده باضافه مواد کربن دار در درون یك قرع (۱) که در کوره درجهت افقی خوابیده است؛ وسپس گرما دادن قرع ازخارج وجمع نمودن روی فلزی در آلت تقطیر که بانتهای بازقرع متصل میباشد .

کوره‌های امروزیکه ازکوره‌های قدیم نوع بلژیکی- سیلزی (۲) وراین لندی (۳) اقتباس گردیده ازدواطاق اصلی بزرك که رویهم ساخته شده تشکیل یافته است .اطاق فوقانی بشکل مکعب مستطیل ودرازای آن چندین برابر پهنا وبلندی آن میباشد . در وسط آن دیواری بدو منظور ساخته شده ، یکی برای تقسیم نمودن فضای اطاق به دوقسمت قرینه ومساوی ، ودیگری برای اتکاء انتهای بسته قرعها که درفواصل معین

۱- Retort ۲- Silesia ۳- Rhine land

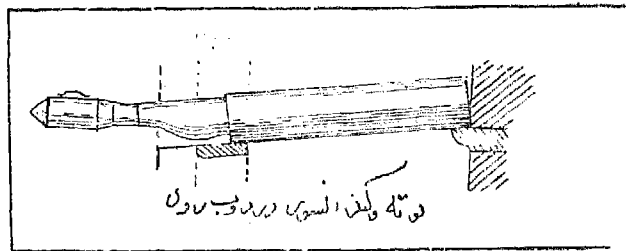
روی طاقچه هائی که در طول جدار مرکزی تعبیهٔ شده میباشد ، سقف اطاق قوسی و کلیه مصالحی که در بنای آن بکاررفته از مواد نسوز درجه یك بوده که بتوانند تحمل

شکل (۱۹۱) کوره تقطیر روی مجهز با دستگاه محافظت حرارت

۱۷۰۰_۱۸۰۰ درجه سانتیگراد گرمارا بنمایند. اطاق تحتانی برای احتراق سوخت است و چون سوختی که بمصرف تقطیر روی میرسد اغلب از نوع گازی است؛ چه گاز طبیعی چاههای نفت و چه گاز مولد از تقطیر زغال سنگ، بدین لحاظ اطاقهای تحتانی را بشکل رکوپراتور یا رژنراتور میسازند که گاز، قبل از سوخته شدن از درون منافذ زنبورك خانه آنها عبور کرده گرمای لازمه را بخود بگیرد . قرع یا بوته ها را معمولا بشکل استوانه بقطر خارجی ۲۸ سانتی متر و بطول ۱/۲۰_۱۰۵ متر که یکطرف آن بسته وطرف دیگر باز میباشد ازمواد نسوز میسازند و آنها را در ۵_۷ ردیف قائم وچندین عدد افقی در اطاق فوقانی پهلوی یکدیگر بترتیب معینی قرار میدهند بقسمی که انتهای لبهٔ قرع برروی طاقچه دیوار مرکزی وانتهاء بازآن که متصل به آلات تقطیر (Condenser) است روی ریل یا یك میله کلفت پولادی تکیه کند. آلات تقطیر بانتهای بازقرع در خارج کوره متصل است و در اروپا

چنین معمول گردیده که آلت تقطیر را بیك مخروط آهنی موسوم به کلاهك (Prolong) متصل میسازند. تعداد قرعهای یك کوره برحسب ظرفیت آن تغییر میکند و ممکن است بین ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ عدد باشد و یك کارخانه بزرك درحدود ۷۰۰۰ قرع دارد.

شکل — (۱۹۲) نوع دیگر از کوره تقطیر روی

دستگاه اصلی تقطیر از سه قسمت بشرح زیر تشکیل شده است.

۱ ـ قرع (Retort) قرعیکه برای تقطیر روی در اینگونه کوره ها بکار میرود بشکل استوانه ولی مقطع درونی آن گرد ویا بیضی شکل است. درازای آن بین ۱۱/۵ متر و قطر درونی ۱۳ ـ ۲۰ سانتی متر میباشد. کلفتی جدار در قسمت قاعده و انتهاء آن در حدود ۵ سانتیمتر و در قسمت سر آن ۲/۵ سانتیمتر میباشد. موادیکه در ساختن این قرعها بکار میروند باید از بهترین مواد نسوز باشند تا بتوانند گرمای ۱۷۰۰ـ۱۸۰۰ درجه سانتی گراد را متحمل شوند. یعنی وزن ۶۵ کیلو گرم بار را در گرمای ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد در

خود بدون کج شدن وشکاف وترك برداشتن نگاه دارد . جدار بوته یاقرعها نبایدزیاد کلفت باشد که مانع نفوذ گرمای پرتوئی شود وازطرفی دیگر نبایدزیاده از حدنازك باشد که بخارات روی از خلل وفرج آن بیرون آمده و فضای کوره را آلوده نماید . گل

شکل (۱۹۳) قرع - آلت تقطیر و کلاهك

نسوزیکه برای ساختن قرعها بکارمیرود باید از مخلوطی ساخته شود کـه دارای این ترکیب باشد .

SiO_2 ۲٤ - ۳۸٪ ؛ Al_2O_3 ٤٦ - ۵۹٪ ؛ آب ورطوبت ۱۳-۱٤٪ ؛ آکسیدهای قلیائی ۲ - ۵٪

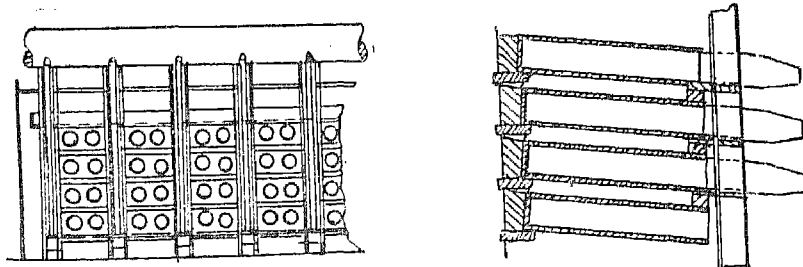
دوام وعمرقرع بستگی بجنس مواد اولیه که در آن عمل میشود وبردرجه گرما وتغییرات ناگهانی آن دارد. مواد اولیه مزبورنباید محتوی آهن ویا سرب باشد والا عناصر نامبرده اکسیده شده و باجدار قرع ترکیب شده تولید سرباره نموده و جدار درونی آنهاراخورده وپس ازچندی تولید سوراخ وشکاف یا ترك های خطرناك کرده وآنرا ازحیزانتفاع میاندازد . قرعهائیکه با ماشین ساخته میشوند ٤۰ روزوآنهائیکه با دست عمل میآیند تا ۲۰ روزدوام میکنند .

۲- ظرف تقطیر-(Condenser) شکل آلت تقطیراستوانه ساده ویا استوانه شکم دارمیباشد . طول آن ٤۰ - ۵۰ سانتی متروقطریك طرف آن قـدری کمترازقطر قرع میباشد تا بتواند درون آن جای گیرد وقطر کوچك آن ۸-۱۲ سانتی متراست . کندانسردرخارج کوره قرار میگیرد ودرآن بخارات روی اولا سرد شده وبعداً تقطیر نمیشود ودرشکم آن جای میگیرد . البته پس ازآنکه بحد کافی رسید بوسیله ملعقهٔ بیرون آورده ودریك پاتیل بزرگی ریخته که بعداً بقسمت تصفیه ارسال گردد .

۳- کلاهك (Prolong) - برای اینکه بخارات روی تقطیر شده ویا بشکل

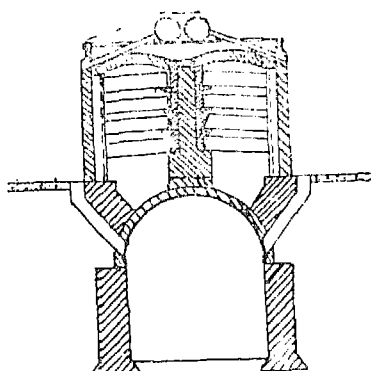
گردآبی رنگ (اکسید دوزنگ) درآمده باروی فلزی تقطیر شده مخلوط نگردند انتهای ظرف تقطیر را متصل به یك کلاهکی موسوم به (Prolong) میکنند و این قسمت ازآهن ورق که بشکل اوله درآمده وبقطر ۱۰ـ۵ وبطول ۱۰ سانتی متراست ساخته شده·دراین قسمت بخارات روی تقطیر نشده ولی بخارات کادمیم بشکل اکسید جمع میگردند . وبعداً مورد استفاده واقع میگردند . درکوره های امریکائی کلاهك بکارنمیرود وفقط آلت تقطیر به قرع متصل است .

موادیکه برای ساختن قرعها بکار میروند عبارتند از مخلوطی از خاك رس - گل پخته ـ کوارتزیت ـ سنگ آهك ومقداری کاك . مواد نامبرده را پس ازخرد و مخلوط کردن باآب بشکل گل درآورده ومدت چند هفته درهوای آزاد تحت عوامل جوی نگاه میدارند تااینکه مانده شود وخاصیت پلاستیسیته وچسبندگی بخودبگیرد بعداً با ۱۲ـ۱۳٪ وزن خود باآب مخلوط کرده ودرماشین عجین کنی مدتی عمل کرده تااینکه بشکل گل کوزه گری خوبی درآید·دراینحالت میتوان بسهولت ازآن قرع یا آلت تقطیر ساخت.قرعها را باماشین قالب زده ویا بادست روی چرخ کوزه گری میسازند . درهرصورت پس ازاینکه قرع ساخته شد باید اولاآنرا در اطاقی بتدریج خشك کرده ومدتی دراین حالت نگاهداشت تاکلیه آب شیمیائی وآب میکانیکی که درذرات آن موجود است تبخیر گردد .

در بعضی از کارخانجات استخراج روی ، درون قرع ها را لعاب کاشی زده که خلل وفرج آنها کاملا مسدود شده ومانع فرار بخارات گردد .

شکل (۱۹٤) طرزقرار گرفتن قرعها در کوره

شکل (۱۹۵) مقطع قائم کوره تقطیر

پس ازخشك كردن، قرعها رادراطاق مخصوصی که کف آن از آجرهای کاشی مفروش است روی هم مانند کوره‌های کوزه سازی چیده وبتدریج گرمای اطاق رازیاد کرده تا به ۸۰۰ درجه سانتیگراد برسد و در این گرما مدت ۱۲ ـ ۱۵ ساعت نگاه میدارند تاکلیه قرعها پخته‌شوند، درصورتیکه کوره تقطیر نزديك باشد قرعها را میتوان گرم‌گرم بکاربرد واگرنه بایدآنها را سرد کرد وبعداً مورد استفاده قرارداد .

شرح عملیات- پس ازبرقرارنمودن قرعها در کوره بایستی آنها را بترتیب بارداد باربعبارت است ازاکسیدروی تکلیس شده، واکسید روی که‌ازتشویه‌سولفور آن‌بدست آمده باضافه مقداری مواد کربن دار بعنوان‌عامل احیاء‌کننده مواد کربن داراغلب از زغال انتراسیت ـ زغال چوب ویا مخلوطی از آنها وکاك ترکیب میشود و مقداریکه باید بکاررود درحدود ۴۰ ـ ٦۰٪ وزن‌مواد اولیه روی میباشد . کمیت مزبورچندین

شکل (۱۹۵) نوع دیگر کوره تقطیر

برابر مقداریست که ازمحاسبه شیمیائی بدست میآید وبرای این است که عمل احیاء بطور کامل صورت گیرد و در آن واحد يك اتمسفر احیاء‌کننده قوی درفضای درونی قرع همیشه حکم فرما باشد‌تامانع تولید گاز کربنیك CO_2 گردد یا آنچه که تشکیل میشود بلافاصله احیاء گشته وبه CO مبدل شود . بهترین مواد کربن داریکه با «بار» درقرع بکارمیرود ذغال انتراسیت بقطر ۳ ـ ٤ میلمتراست . البته نباید محتوی‌شیست

(سنگ لوح) وسولفور آهن (پیریت) ومواد مضره دیگری باشد، زیرا مواد نامبرده در قرع تولید سرباره نموده وجدار درونی آنرا خورده وازعمر مفید آن میکاهد .

هرگاه زغال سنگ معمولی بکار رود، گاززیادی تولید کرده و بخارات فلزی روی را نسبتاً رقیق وضعیف میسازد .

قبل ازپر کردن قرعها از «بار»،اعضاء متشکله بار را در ماشین مخلوط کننده گردانی با مقداری آب رطوبت داده ومخلوط کرده تا اینکه درموقع بارگیری گرد و غبارزیادی تولید نشود . باررا بوسیله ملاغه مخصوصی بادست و یا با ماشین بداخل قرعها میریزند ، بعداً ظرف تقطیررا باگل به انتهای باز قرع متصل نموده وکالاهك را وقتی بظرف تقطیر وصل میکنند که دود وبخارات روی ازدرون بوته متصاعد گشته و خارج شود .

بخارات روی فلزیکه درظرف تقطیرمبدل به مایع میشود ودرقسمت وسط آن جمع میگردد ، درهرشش ساعت یکمرتبه باآلات مخصوصی برداشت شده و به پاتیل چدنی بزرگی منتقل میگردد.پس ازخاتمه عمل یعنی پس از ٢٤ ساعت کارظرف تقطیر را ازبدنه قرع منفصل نموده وآنچه درداخل قرع باقی میماند بوسیله پاروئی بیرون آورده ودرخاکستردان که بلافاصله زیرکوره ساخته شده است ریخته میشود . اگر قرع سالم ونو باشد وترك وشکافی درآن درحین عملیات بوجود نیامده باشد مجدداً ازبارپر گشته و عملیات بالا تکرار میشود واگرنه قرع را شکسته و قرع تازهٔ بجای آن بکاربرده وعملیات را ادامه میدهند

هرگاه درمواد اولیه کادمیوم (Cadmium)موجود باشد عنصر مزبوردر روئیکه از طرف تقطیردردفعه اول و دوم برداشته میشودموجود است ودرحین تصفیه بعدی باید آنراجدا نمود .سرب وآهن درروئیکه دربرداشت آخری ازظرف تقطیر بعمل میآید وجود دارد ولی روئیکه دروسط کارحاصل میشود ازهمه خالص تراست .

تقطیرروی ازمواداولیه بطریقیکه ذکر شد در حدود ٨٥ ـ ٩٠ ٪ بازده داردو ١٠ ٪ روی محتوددرموادداولیه عمل نشده ودرخاکستردان همچنان باقی میماند ومقداری ازآن بشکل بخارات تقطیر نشده ازبین میرود .

محصول هر قرع بین ۲۰ـ۳۵ کیلوگرام روی فلزی «خام» میباشد که باید بعداً تصفیهٔ شود. آنچه درقرع باقی میماند موسوم به «خاکستر» وازمواداولیه تقطیر نشده، سرباره فریت $ZnO \cdot Fe_2O_3$ وزغال وخاکستر تشکیل شده وترکیب آن تقریباً ازاین قراراست: ۲ ـ ۷٪ Zn ، ۲ ـ ۱۰٪ Pb ، ۳ ـ ۲۰٪ Fe ، ۲ ـ ۶٪ MgO , CaO
۷۰ ـ ۹۰٪ C

گاهی اوقات در این خاکستر ممکن است مقداری طلا و نقره موجود باشد و پس ازتعیین مقادیر، آنها را بطریقی بدست میآورند.

تقطیر روی درقرعهای قائم ـ تقطیرروی درقرعهای افقی بطوریکه تا بحال ذکرشد موانع واشکالات زیادی دربرداشت که بارزترین آنها عبارتند از :

۱ ـ باردادن وبرداشت محصول بطور متناوب وخرده خرده انجام میگیرد.

۲ ـ ظرفیت قرعها کوچك وکم دوام واستقامت آنها کم ومحدود است.

۳ ـ شرایط کاربسیار سخت ونیازبکارگران ورزیده وبسیار باتجربه دارد.

بدین لحاظ با در نظر گرفتن اشکالات فوق و اشکالات فنی دیگر، شرکت های تولیدکننده روی مدتها درصدد بودندکه یك طریق دیگری که خالی ازاشکالات نامبرده باشد وضع شود. بالاخره پس ازتحقیقات وتفحصات زیاد طریق تقطیر دائم درقرعهای قائم اکتشاف شده و بتدریج متداول گردید. دراین طریقه قرعها را از ماده نسوزی موسوم به کاربوراندم که ازکاربورسیلیس (SiC) تشکیل یافته است در ظرفیت های بزرك میسازند وآنها را بطورقائم درکوره کارمیگذارند. بلندی قرع ۱۰ متر ومقطع آن مستطیل شکل وبطول ۱/۸ متروبعرض ۰/۳ متراست. علت باریکی وکم عرضی قرع این است که گرمای پرتوئی که ازاحتراق گاز حاصل میشود بتواند در درون آن از یکطرف تا مرکزقرع بخوبی نفوذ کند ومواد محتوی درداخل قرع راگداخته وتبخیر نماید مواد اولیه که عبارتند ازاکسیدروی تشویه شده باضافه ۴۰ـ۶۰٪ زغال انتراسیت ویا مخلوط آن باکاك وبامادهٔ چسبنده مخلوط کرده بصورت بریکت درآورده وازدریچه فوقانی بدرون قرع میریزند. ظرف تقطیر که ازیك صندوق آهنی که درون آن ازمواد

نسوز پوشش یافته نزدیك بقرع واقع و بوسیله مجرای موربی بقسمت فوقانی قرع متصل میباشد. از درون این مجرا بخارات روی پائین آمده ، سرد شده و درظرف تقطیر مبدل به فلز روی مایع میگردد . چون ظرفیت قرعهای قائم بمراتب زیادتر از قرعهای افقی است لذا میتوان درهر ۲٤ ساعت درحدود ٤ تن محصول برداشت . عمر ودوام آنها نیز زیادتر بوده و بیش ازسه سال است . یکی ازمزایای دیگر این نوع تقطیر دراین است که میتوان اولا ازگازاکسید دوکربن که متصاعد میشود استفاده نمود .

تصفیه روی

روی فلزیکه ازطریقه تقطیرمواد اولیه،چه افقی و چه قائم بدست میآید نسبتاً «خام» ومحتوی ۹٦ـ ۹۸/٥٪ روی و بقیه ناخالصیهائی است که باید گرفته شوند تااینکه روی خالص بازرگانی که مورد نیاز صنایع است بدست آید .

بطورکلی ناخالصیهای موجود درروی تقطیرشده عبارتند ازسرب ـ آهن ـ کادمیم مس ـ ارسنیك ـ انتیموان ـ گوگرد ومقدارکمی سیلیسیم . البته روی ناخالص و خام را میتوان مستقیماً برای ساختن برنج های درجه سوم و برای اندود کردن صفحات پولادی (Galvanization) بکاربرد ولی بسیاری ازصنایع ازقبیل فشنگ و لوله سازی وغیره نیازبه روی نسبتاً خالص دارندوازاینجهت روئیکه از طرق تقطیر بدست آمده،باید تصفیه شود و تصفیه روی بدوطریق اصلی که عبارتند از (۱) تقطیر مجدد (۲) گداختن و تصفیه آتشی،انجام میگردد .

تصفیه الکتریکی نیزامکان پذیر وعملی گردیده است ولی هزینه عملیات آن خیلی زیاد است ؛ وانگهی روی بسیار خالص ۹۹/۹۹٪ هم مورد احتیاجات صنایع نمیباشد؛ لذا یکی ازطرق نامبرده دربالا بکارمیرود .

۱ ـ تقطیر مجدد ـ تقطیر مجدد روی در همان قرعهای افقی که ذکرشد انجام میگیرد ولی ظرفهای تقطیر که درجلوی قرعها قرارمیگیرند باید بزرگتر باشند. روی محصول تقطیراول را داخل قرعهای افقی که کاملا افقی قرار گرفته‌اند ریخته و ظروف تقطیر را به انتهاء آزادآنها باگل نسوز مسدود کرده وگرما میدهند تا اینکه روی تبخیر شده ومجدداً تقطیر گردد. محصول تقطیر دوم محتوی ۹۹/۹۲٪ روی میباشد .

۲ ـ گداختن و تصفیه در کوره شعلهٔ ـ کوره تصفیه روی از یك کوره شعله‌ای کوچکی که کف آن مانند استخر متدرجاً بیك طرف گود میگردد تشکیل شده است روی فلز را داخل کوره کرده و گرما داده تااینکه‌ذوب‌شود‌وفرورفتگی کوره‌را‌پر کند درجه گرمای‌روی گداخته‌را قدری‌بالاتر‌ازدرجه گداز روی خالص‌برای مدت ۲٤ ـ ۷۲ ساعت نگاه میدارند. دراین مدت اکسید های فلزی و ناخالصیهای دیگرا کسید شده بالاآمده وروی سطح مذاب شناورمیگردد و آنها را میتوان بآسانی بوسیله ملاغه برداشت. سرب وهمبسته Zn , Fe که در روی مذاب موجودند نظر به زیادی وزن مخصوص پائین رفته‌ودر ته گودال کوره ته‌نشین میشوندبقسمی که‌درته سرب‌وبالای آن Fe,Zn قرار میگیرند. روی تصفیه‌شده را از وسط حوضچه کوره‌ با ملاغه بتدریج برداشت کرده و در قالب ریخته، بشکل شمش مکعب مستطیلی در میآورند و بجای آن مجدداً روی تصفیه نشده درکوره میریزند بقسمی که سطح فلز درکوره همیشه ثابت بماند. این عمل هم چنان ادامه خواهد داشت تا اینکه سرب و همبسته روی و آهن بالاآید وتا ۳۰ سانتی متر پائین تر ازسطح ثابت روی گداخته درکوره برسد، آنوقت عمل تصفیه متوقف میگردد. سرب وهمبسته روی وآهن را بیرون آورده و هریك را بمنظوری بمصرف میرسانند وکوره را مجدداً از نوبارمیکنند. سربیکه ازاین راه بدست می‌آید درحدود ٤٥٪ سرب دارد و آنـرا در استخراج نقره‌از سرب بطریق زینگاژ‌بمصرف‌میرسانند وسرب وروی را ازیکدیگرجدا میکنند همبسته روی وآهن را بکارخانه‌ایکه صفحات کهنه را مجدداً اندود میکنند بفروش‌میرسانند

استخراج روی بطریق تر و تصفیه الکتریکی

نظر به تقاضای روزافزون صنایع برنج سازی به فلزروی بسیارخالص استخراج روی بطریق تردر محلول شیمیائی و رسوب دادن آن از طریق الکترولیز در نتیجه تحقیقات وآزمایشهای زیادی که دراین باره بوسیله دانشمندان شده بود بالاخره عملی گردید و کارخانجاتی بدینمنظوردر کشورهای کانادا واتازونی واروپا تأسیس‌شده است وروی فلزی محصول این کارخانجات از خالص ترین روی تجارتی بشمار میرود طریقه «تر» که‌میتوان‌نیزازمواد اولیه فقیرومختلط ودرهم استفاده کرد عبارت است از

تشویه نمودن سنگهای معدنی روی‌دار بقسمی که مقداری سولفات و مقداری اکسید روی بدست آید. اکسیدی روی در اسید سولفوریك رقیق و سولفات روی در آب با کمال سهولت حل شده و مبدل بمحلول گشته و بسیاری از ناخالصیها که با این مواد بهمراه‌اند در این شرایط بطور غیر قابل حلی باقی میمانند که میتوان آنها را ته نشین کرده و رسوب داد. پس‌از تشویه،مواد اولیه را درمخازن استوانه تخته‌ای موسوم به پاچوکا (pachuca) ،ازنوعی که در استخراج طلا بکار میرود،وارد کرده و با اسید سولفوریك رقیق خوب بهم زده تا اینکه کلیه روی از مواد اولیه بشکل سولفات‌روی $ZnSO_4$ درآیند. بعداً ازصافیهای‌میکانیکی عبور داده ، مواد غیرقابل حل که عبارتند از آرسنیك ، انتی‌موان ،کادمیم و مس را ته‌نشین نموده‌و برطرف میکنند. محلول صاف شده و پاك سولفات روی را درحوضچه‌های الکترولیز وارد کرده و بوسیله انودسربی و کاتود آلومینیمی،سولفات‌روی را دراثر جریان الکتریسته یونیزه نموده و روی بسیار خالص الکترولیتیکی بدست میآورند.

شرح‌عملیات تشویه - مواد اولیه روی‌را ابتداء درماشینهای‌سنگ‌شکن بقطعات مناسب درآورده و بعداً درآسیاهای‌نرم‌کن بشکل گرد درمیاورند و بدستگاه‌تشویه ازقبیل وژیا هر شوف ویا دوایت‌لوئیدمیفرستند که درآنها گوگرد سوخته‌شده‌وقسمت معظم سولفور روی مبدل به اکسید ZnO و مقداری‌مبدل بسولفات $ZnSO_4$ گردد. در عمل تشویه که قبل از تقطیر روی انجام میگیرد، گفته شد که باید برطرف کردن گوگرد کامل باشد ومحصول تشویه تماماً ZnO باشد ولی‌دراینجا باید مقداری‌سولفات نیز تشکیل‌شود ،بدین‌لحاظ درجه گرمای‌تشویه نباید هیچگاه از ۷۰۰ درجه‌سانتیگراد تجاوز کند و معمولا در ۶۵۹ سانتیگراد نگاه داشته میشود.

حل کردن مواد تشویه شده -پس از خاتمه یافتن عملیات تشویه و تبدیل مواد اولیه باکسید و سولفات‌روی، آنهارا به‌مخازن استوانهٔ بزرگی انتقال داده و بامحلول خنثی که‌محتوی ۱۰-۲۰٪ اسید سولفوریك و ۲-۳ درصد روی‌آزاداست مخلوط‌کرده وخوب بهم‌میزنند تا اینکه متجاوز از ۷۵٪ روی درآن بشکل‌سولفات درآید و مقدار زیادی از ناخالصیهای موجود را ازقبیل انتی‌موان ، مس وسیلیس ته‌نشین شده و رسوب

کنند. بعداً محلول را از صافیها عبور داده وارد مخازن دیگری کرده و در آن محلول الکترولیت حوضچه‌های فعلی را وارد کرده و مخلوط میکنند تا اینکه تمام روی بشکل سولفات درآید. سپس از صافیهای میکانیکی عبور داده و محلول صاف‌شده سولفات روی را بداخل حوضچه‌های الکترولیز منتقل میسازند.

الکترولیز سولفات روی ـ الکترونیز $ZnSO_4$ بوسیله انود سربی و کاتود که از صفحات نازك آلومینیم ساخته شده در حوضچه‌های الکترولیز انجام میگیرد. محلول سولفات روی در اثر جریان الکتریسته مستقیم یونیزه گردیده Zn^{+} و SO^{-}_4 تفکیك میگردد. یونهای روی بطرف قطب منفی یعنی کاتود رفته، بار الکتریکی خود را رها کرده و بر سطح صفحه آلومینیم بشکل روی خالص فلزی رسوب میکنند. یونهای سولفات از طرف دیگر بطرف قطب مثبت شتافته، بار الکتریکی خود را از دست داده و تشکیل اسید سولفوریك H_2SO_4 میدهند. اختلاف سطح الکتریکی لازم برای یونیزه نمودن $ZnSO_4$ ۲/۳۵ ولت و برای H_2SO_4 ۱/۶۷ ولت است، ولی درعمل، اختلاف سطح الکتریکی درحدود ۳/۵ ولت میباشد. نظراً، هر یکساعت امپر باید ۱/۲۱۹۴ گرام روی را از محلول سولفات روی رسوب نماید ولی عملاً، رسوب دادن یك کیلو گرام روی، ۳/۳ کیلووات ساعت مصرف میکند. عواملیکه در الکترولیز مؤثر میباشند و باید همیشه مورد توجه قرار گیرند، عبارتند از درجه گرمای الکترولیت، شدت جریان الکتریسته، غلظت روی و اسید سولفوریك در الکترولیت و البته وجود ناخالصیها. درجه گرمای الکترولیت را باید همیشه بین ۴۰ـ۵۰ درجه سانتیگراد نگاه داشت. شدت جریان درحدود ۲۰ الی ۲۵ آمپر درهر فوت مربع. سطح کاتود و محلول الکترولیت باید در آغاز عمل خنثی باشد و بیش از ۱۰٪ روی آزاد نداشته باشد ولی درخاتمه عمل ممکنست ۳/۵٪ روی آزاد و ۱۰ـ۱۲٪ اسید سولفوریك آزاد داشته باشد.

اگر مقدار ناخالصیهای موجود در محلول سولفات روی زیاد باشد، عمل یونیزاسیون معکوس میگردد. محلول سولفات مجدداً ترکیب گشته و در قطب منفی ئیدروژن و در قطب مثبت اکسیژن متصاعد میگردند. اگر مقدار ناخالصیها کم و محدود باشد، فقط اثراتی بر روی کاتود مشاهده میگردد: مثلا مس و کادمیم، کاتود را سوراخ کرده و روی

آن لکه‌های سیاهی باقی میگذارند . آهن، انتی‌موان و آرسنیك ته نشین نمیشوند و از شدت جریان لازم میکاهند .

کلر و ترکیبات آن نباید در محلول سولفات روی موجود باشند و اگر نه کلر متصاعد شده و انود سربیرا میخورد . با اضافه نمودن ماده ژلاتینی و صمغ مخصوص میتوان تا اندازهٔ از شدت اثرات ناخالصیهای موذی کاست . الکترولیز بطریق مضاعف در حوضچه‌های تختهٔ بابعاد ۳/۵ × ۰/۸۵ × ۱/۵ متر که ازصفحات سربی پوشش شده‌اند و بشکل آبشار (Cascade) قرار گرفته‌اند انجام میگیرد . در هر حوضچه ۲۸ عدد انود که از سرب ریخته شده و ۲۹ عدد کاتود که از صفحات آلومینیم نازك ساخته شده معلق میباشند . روی خالص الکترولیتیکی را که بر صفحات آلومینیم (کاتود) رسوب میکند درهر ۲۴ ساعت یکمرتبه که مقدار آن به ۱۰ کیلو گرام میرسد جدا میسازند و چون بدین شکل نمیتوان ببازارفرستاد لذا آنها را درکوره شعله‌ای گداخته وبصورت شمش میریزند .

روی الکترولیتیکی محتوی ۹۹/۹ – ۹۹/۹۹٪ روی میباشد و بسیار خالص است .

روی تجارتی - روی تجارتی تصفیه شده که در سه نوع ببازار ها و بورس فلزات عرضه میشود عبارت است از :

۱ـ روی درجه اعلا ـ چون قـابلیت چکشخواری و تورق و مفتول شدن آن خوب است بمصرف ساختن اشیاء برنجی میگردد که بایستی تابیده و کشیده شوند، مانند فشنگ ـ لوله و سیم و غیره. ناخالصیهای موجود در این نوع روی نباید از این حدود تجاوز کند : کادمیم ۰/۰۷٪ ؛ آهن ۰/۰۳٪ ؛ سرب ۰/۰۷٪ و بقیه روی .

۲ـ درجه متوسط ـ روئی است که برای ساختن اشیاء برنجی که چندان احتیاج بخواص تورق و مفتول شدن ندارند بکار میرود . ناخالصیهای آن نباید از این حدود تجاوز کند : کادمیم ۰/۷۵٪ ؛ آهن ۰/۰۸٪ . سرب ۱/۰٪ ؛ و بقیه روی .

۳ ـ درجه پست که معروف به Prime Western نیز میباشد روئی است که بمصرف ساختن برنجهای خیلی معمولی و اندود کردن ورقهای آهن و پولادی میرسد . ناخالصیهـای آن باید در این حدود باشد : کادمیم ۰/۷۵٪ ؛ آهن ۰/۷۵٪؛

سرب ۲٪

موارد استعمال روی ـ روی خالص بتنهائی هیچگونه مورد استعمالی ندارد و مهمترین مصرف کننده روی صنایع برنج سازی است . در درجه دوم صنایع اندود کردن اوراق وصفحات پولادی که‌دراصطلاح (Galvanization) مینامند میباشد . درجه سوم روی را بشکل اکسید روی در ساختن رنگهای مختلف بکار میبرند .

اندود کردن با روی ـ چون روی دربرابر عوامل جوی استقامت میکند ازاین لحاظ صفحات و اوراق پولادی را از روی لعاب داده تا اینکه زنك نزنند . غشاء نازك روی از دو جهت در برابر هوا و تغییرات آن اثر نمیکند : اول اینکه صفحه یا ورق پولادیرا از یك فیلم باریك میپوشاند وآنرا محافظت میکند . دوم اینکه اثرات الکترو شیمی دارد که مانع زنگ زدن آهن میگردد . جهت اینکار صفحات و اوراق پولادیرا بدرون حوضی که مملؤ از روی گداخته میباشد فروبرده و بلافاصله بیرون میآورند . روی باآهن بسهولت وآسانی تشکیل همبسته میدهد و اگر مقطع لعاب شده را نگاه کنیم مشاهده خواهیم کرد که قطعه اندود شده از سه قسمت اصلی تشکیل شده است : ۱ـ قسمت بیرونی روی خالص فلزی ۲ـ قسمت وسطی همبسته روی و آهن یا پولاد ۳ ـ قسمت داخلی که تماماً ازآهن است .

اکسید دو زنك ـ اکسید روی را میتوان مستقیماً از مواد اولیه روی بدست آورد . مواد اولیه تشویه شده را با مقداری زغال مخلوط کرده و داخل اجاق کوره مخصوص که از زیر میله‌های آن هوای زیادی بدرون کوره داده میشود قرار میدهند روی ابتداء از اکسیدآزاد شده تبخیر گشته و بخارات آن تبدیل‌باکسید سفید میگردد قسمت فوقانی کوره متصل به مجرائی است که آن بدستگاه غبار گیر کیسه‌ای مربوط است . بخارات اکسیددوزنك متصاعد گشته و بوسیله جریان هوای وانتیلاتور بطرف کیسه‌های صافی کشیده شده و روی بسطح درونی آنها می‌نشینند و جمع میگردد .

اکسیددوزنك را نیـز ممکن است از گداختن روی فلزی و تبخیر دادن آن بدست آورد .

اضافه بر برنجها ، روی در همبسته های دیگر از قبیل ورشوودور آلومین

استعمال میشود .

اثرات ناخالصیها در روی خالص - کادمیوم -این عنصر درمقادیر کم، روی را شکننده میسازد و اگر روی برای لعاب گیری بکار رود نباید محتوی کادمیوم باشد زیرا لعاب را بی دوام کرده وترك میخورد . سرب هم روی را ترد وشکننده میکند و همان اثرات کادمیوم را در لعاب ظاهر میسازد .

در برنجها هم نباید موجود باشد مخصوصاً برنجیکه بشکل فشنگ یا لوله در میآید .

آهن، سختی و تردی آنرا زیاد میکند وازخواص چکشخواری میکاهد . مقدار آن نباید از ۰.۱۲٪ تجاوز کند .

کادمیوم

کادمیوم یکی از عناصر فلزیست که بشکل محصول فرعی در استخراج فلزات بدست میآید . کادمیوم محصول دوم در استخراج روی وگاهی از استخراج سرب در کیسه‌های غبار گیر حاصل میشود . کادمیوم مواد اولیهٔ ندارد و این عنصر در مواد اولیه روی به نسبت ۱ در ۲۰۰ بهمراه میباشد . وقتیکه مواد روی که محتوی کادمیوم میباشند بمنظور تقطیر روی در قرع قرار میگیرند چون کادمیوم عنصر فرارتریاست، زودتر از بخارات روی فلزی متصاعدشده و درظرف تقطیر جمع میشود وگاهی اوقات با دوده آبی رنك اکسید سرب در قسمت کلاهك جمع میشود .

بنابراین در کارخانجاتی که کادمیوم را استخراج میکنند موادیکه درآغاز عمل تقطیر در کلاهك ویادرظرف تقطیر جمع میشوند برداشته و بعداً روی رااز کادمیوم جدا کرده و از هریك جداگانه استفاده میشود .

دوده آبی رنك اکسید روی که در محتوی کادمیوم نسبتاً غنی است با مقداری (۵۰٪) کك نرم مخلوط کرده و در قرع جداگانه گرما داده تا اینکه روی و کادمیوم هر دو تقطیر شوند . اینعمل را چندین مرتبه تکرار کرده تا اینکه کادمیوم که زودتر متصاعد میشود تقطیر گردد وکادمیوم خالص فلزی بدست آید .

دراستخراج روی بطریق «تر» کادمیوم باروی تشکیل سولفات میدهدودرمحلول

سولفات روی باقی میماند ، حال برای اینکه آنها را بتوان جدا نمود، محلول سولفات را در مخزنی قرارداده وروی را بشکل ذرات بسیار ریز (اتومیزه) وارد محلول میکنند ، کادمیوم باذرات ریز درته مخزن رسوب میکند . علاوه بر کادمیوم ممکنست ناخالصیهای دیگر موجود در محلول سولفات روی از قبیل مس ، سرب ، آرسنیك ، انتی موان نیز ته نشین شوند ، بعداً هر یك را جدا کرده و کادمیوم فلزیرا بوسیله الکترولیز بدست میآورند .

استعمال این فلز در صنایع از سال۱۹۲۲ آغاز گردید ، زیرا کادمیوم بطریقه آب دادن الکتریکی بسیاری از چیز ها بکار میرود . لعاب کادمیوم بهتر از روی دربرابر اسیدها وقلیائیها مقاومت میکند وحتی بهتراز نیکل میباشد . در۱۹۳۵شرکت اتوموبیل سازی جنرال موتور، همبستهٔ از کادمیوم برای برینك Bearing اتوموبیل ها ساخت که از ۹۲٪ کادمیوم؛ ۲٪ نقره؛۱٪ مس بانیکل ترکیب شده بود . همبستهٔ مزبور بقدری مورد استفاده کارخانجات اتوموبیل سازی قرار گرفت که دیگر برای مصارف دیگر بسختی بدست میآمد .

محصول کادمیوم درسال ۱۹۳٦ درحدود ۳۰۰۰ تن بود که اغلب آن ازامریکااز کارخانجات استخراج روی بیرون آمده است .

خواص کادمیوم- علامات شیمیائی آن(Cd) ؛درجه قلیان آن درفشار ۷٦۰ میلیمتر جیوه،۷۸٤ سانتیگراد است . درجه گداز آن ۳۲۰ سانتی گراد و وزن مخصوص آن ۸/٦۰٤ درحالت چکش خرده میباشد . مهمترین استعمال آن برای ساختن همبسته‌های فلزی زود گداز است : مثلا همبسته‌ای بترکیب ۱۰/۱۰٪ Cd؛ ۲۷/۲۷٪ Pb؛ ۱۳/۱۳٪ Sn و ٤۹/۵۰٪ Bi در ۷۰ درجه سانتی گراد آب میشود . فلز معروف لیپوویتس (Lipowitz) بترکیب ۱۰٪ Cd با ۲٦/۷٪ Pb ؛ ۱۳٫۳۰٪ Sn و ۵۰٪ Bi میباشد واگر هرآینه ۳قسمت ازاین ترکیب را با۲ قسمت جیوه مخلوط نمایند وحرارت دهند ترکیب جدید در ۳۷ درجه سانتیگراد آب میشود .

فصل بیست و سوم
قلع

خواص فیزیکی ـ قلع فلزیست نرم برنگ سفید نقره‌ای و دارای جلای فلزی عالی میباشد . وزن اتمی آن ۱۱۹ و خواص چکشخواری ، تورق ومفتول شدن آن بسیار خوب است ولی چون زیاده ازحدنرم است لذا نمیتوان آنرا ازدرون حدیده کشید وبشکل سیم ومفتولی در آورد . خاصیت تورق و چکشخواری آن بقدری خوبست که میتوان ازقلع صفحات بسیار نازك جهت لفافه ساخت و این خاصیت مهمترین مورد استعمال قلع بشمارمیرود . مقاومت آن دربرابر نیروی کشش کم واگرچه وجود بعضی ازناخالصیها این خاصیت‌را درقلع بهتر میکند ولی‌ازطرف دیگر ازخاصیت تورق‌وصفحه شدن‌آن میکاهد.وزن مخصوص قلع ۷/۲۸ بحالت ریخته شده و۷/۳۰ بحالت نورد و کشیده شده میباشد.در۲۳۲ درجه سانتی گراد گداخته شده وآب میشود و در ۳۲۰۰ درجه سانتیگراد بجوش وقلیان درمی‌آید . دردرجات پائین گرما،یعنی از۱۸درجه سانتیگراد به پائین،عنصر قلع تغییرحالت داده وتحولی درساختمان درونی ووضع‌قرار گرفتن اتمهای خود ایجاد میکند ودرنتیجه ازحالت صلبی وسختی فلزی بصورت گرد خاکستری رنگی درمیآید ودراین حالت بوزن مخصوص ۵/۸ میباشد . اگرصفحه یا میله قلعی را خم یا تاکنند یك صدای مخصوصی ازآن بیرون میآیدکه در اصطلاح به گریه وناله قلع [۱] معروف است ودلیل آن نیروی اصطکاکی است که درحین‌لغزش بین بلورهای ترکیب‌کننده آن ظاهرمیگردد .

خواص شیمیائی ـ عوامل جوی وبسیاری‌ازمواد شیمیائی درهوای عادی‌برقلع اثری ندارند و ازاینجهت این فلز را برای اندودکردن و لعاب‌گیری اشیاء پولادی‌که دراین شرایط زنگ‌میزنند زیاد استعمال میکنند. اسیدهای معدنی‌چه درحال رقیق و

---
۱ ـ The Crying of tin

چه غلیظ، قلع‌را متدرجاً به تندی درخود حل میکنندوتولید املاح مربوطه‌مینمـایند ولی قلع گاهی حالت اسیدی و گاهی حالت قلیائی ازخود نشان میدهد .

مواد اولیه

حالت طبیعی ـ قلع درقشر زمین بحالت اکسید (SnO_2) کـه در کانی‌شنـاسی موسوم به Cassiterite است بشکل رگه درسنگهای آتشفشانی بوجود آمده است. اکسید قلع‌محتوی ٪۷۸/۶ Sn و ٪۲۱/۶ O میباشدو برنگ‌قهوهٔ وسیاه و گاهی‌اوقات زرد وخاکستری درآمده است . قلع بطورمختلط بـا مس و فلزات دیگـردربعضی از مواد معدنی موجود است ولی اکسید آن یگانه ماده اولیه‌ایست که‌کلیه محصول دنیا را میدهد وازاستخراج وگدازآن بدست میآید . هرگاه‌کاستریت را ازرگه‌های اصلی مستقیماً استخراج کنند،فلزات دیگری که بحالت سولفور میباشند با اکسید قلع همراه بوده واضافه برمواد خاکی قشر کان (کانگ) میباشند .

مهمترین‌آنها عبارتند ازسولفور Fe , Ag , Cu , Zn , W , Bi , Pb

البته ارسنیك بحالت ارسنوروانتی موان بحالت انتی منور و تـانگستن بحالت تانکستات کلسیم موجوداند .

محل وطرزپیدایش ـ اکسید قلع در بسیاری از نقاط کره‌زمین پیدا شده است مگردرقاره‌امریکای شمالی؛ ولی مهمترین نقاطیکه این فلزقیمتی به‌کمیت های زیاد و قابل‌استخراج بوجود آمده وبسایر نقاط‌دیگر دنیا صادرمیگردد،عبارتند ازشبه جزیره مالزی‌و بیرمانی‌وجزایر هلند(اندونیزی)،کشورسیام؛چین،استرالیا؛جزیره تاسمانیا،کشور بولیوی ؛ افریقای جنوبی و انگلستان · بمقادیر کمتری درپرتقال؛اسپانیا ؛ هندوستان ؛ آلمان ؛ مکزیك والاسکا یافت میشود .

مواد اولیه قلع درشبه جزیره مالزی؛بیرمانی وهند هلند وسیام بشکل آب‌رفت (Place r) دررود خانه های قدیمه،درمسیلهاودرزمینهای شسته شده یـافت میشود . دراسترالیا، هم‌بشکل رگه اصلی وهم بصورت‌آب رفت بهره‌برداری‌میگردد. درکشور های چین ، بولیوی وافریقای جنوبی و در انگلستان جنوبی بصورت رگه پیدا میشود واستخراج میگردد .

ازآغاز تاریخ تا قرن هیجدهم میلادی ، نیازمندیهای قلعی دنیا ازمعـادن استان

(کورن وال) [۱] درجنوب غربی انگلستان وساکسونی وبوهم تأمین میگردید ومدتی معادن قلع جزایراندونیزی ومالزی وبیرمانی این وظیفه را انجام میدادند ولی فعلا معادن مزبور در قوس نزولی بوده و رفته رفته مرکز استخراج به کشور بولیوی در امریکای جنوبی منتقل میشود. نظر باینکه اغلب معادن قلع امروزی درمستعمرات انگلیس است تجارت قلع درانحصار این کشور بوده و بورس این فلز دردرجه اول درلندن وبعداً در نیویورك میباشد.

اصول استخراج قلع

از زمان ما قبل تاریخ تابحال، استخراج قلع از مواد اولیه وگداز آن در کوره تحولات زیادی بخود ندیده وترقیات وپیشرفتهائیکه در اصول استخراج قلع شده فقط درطرز تهیه و آرایش مواد معدنی بوده که چگونه آنها را از ناخالصیهای مضر جدا نموده وسنگ معدنی پرعیارتر وخالص تر برای گداز بدست آورند. مراحله‌مختلفه‌ای که دراستخراج قلع ازاکسید تا قلع خالص انجام میگیرد عبارتند از:

۱ ـ زیاد کردن عیار فلزی اکسید طبیعی و معدنی قلع بوسایل آرایش وتهیه

۲ ـ گداز اکسید قلع پر عیار شده در کوره کوچك بلند و اترژاکت و تحصیل قلع «خام»

۳ ـ گدازاکسید قلع پرعیار شده درکوره کوچك شعله ای (روربر)

٤ ـ تصفیه قلع «خام» یا قلع سیاه به قلع خالص

اینك شرح عملیات درهریك ازمراحل بالا

۱ ـ زیاد کردن وغنی نمودن مواد اولیه قلع ازاکسیدقلع برای دومنظوراست، یکی اینکه مواد اولیه قلع را از ناخالیصهای فلزی و قشرکان (گانگ) جدا نمایند و دیگراینکه اکسید قلعی بدست آورند که بیش از ٪۶۰ (SnO_2) داشته باشد، ازاین جهت برحسب نوع ناخالصیهای فلزی موجود درمواد اولیه قلع، عملیات زیر باید قبل ازگداز انجام گیرد.

الف) تشویه مواد اولیه قلع از سنگهای معدنی آن قبل از شستن و جدا کردن

---

۱ ـ Cornwall

سولفورهای موجود برحسب ثقل اجسام (وزن مخصوص)

ب) تشویه مواد اولیه قلع داردر اسید سولفوریك یا اسیدکلریدریك رقیق .

ج) تشویه مواد اولیه قلع دار باکربنات یاسولفات دوسود و حل‌کردن آنها در آب .

د) تشویه مواد اولیه قلع داربا نمك طعام وحل‌کردن آنها در آب یا در اسید کلریدریك رقیق

ه) شستن مواد اولیه قلع داردردستگاه فلوتاسیون بمنظور بر طرف نمودن سولفورهای فلزی که با اکسید قلع بهمراه میباشند .

مواد اولیه وسنگ طبیعی راپس‌ازاستخراج ازمعدن درماشینهای مختلف سنگ شکن و نرم‌کن شکانده وخرد کرده تا بشکل گرد وذره در آیند ودراین حال آنها را در کوره تشویه قرار میدهند که درنتیجه گرمای تشویه گوگرد وارسنیك وموادفراران برطرف گردد واغلب سولفور های سنگین وزن تبدیل باکسید های فلزی سبك وزن شوند،تا در حین شستن و جداکردن فلزات برحسب وزن‌مخصوص ، روی میز های مختلف ویا دستگاه جیگ (Jigs) بسهولت ازیکدیگرمجزا شوند . اگردرموادانولیه قلع عنصر تانگستن (W) موجود باشد، این عنصر درتشویه ساده تغییری نمیکند و برای اینکه بتوان املاح عنصر مزبوررا ازاکسید قلع مجزا نمود باید آنرا باکربنات وسولفات دوسود تشویه کرده تااینکه تانگستن بصورت تانگستات دوسودکه درآب قابل حال میباشد درآید . بعداً کلیه مواد را در آب حل کرده واکسید قلع (SnO_2) که درآب غیرقابل حل باقی میماند جدا نمایند . عناصر سرب ، انتی موان ، بیزموت ونقره را میتوان بوسیله سرخ کردن‌مواد اولیه قلع با نمك طعام وتبدیل‌آنها به کلرور وحل‌کردن درآب ازاکسید قلع جدا نمود .

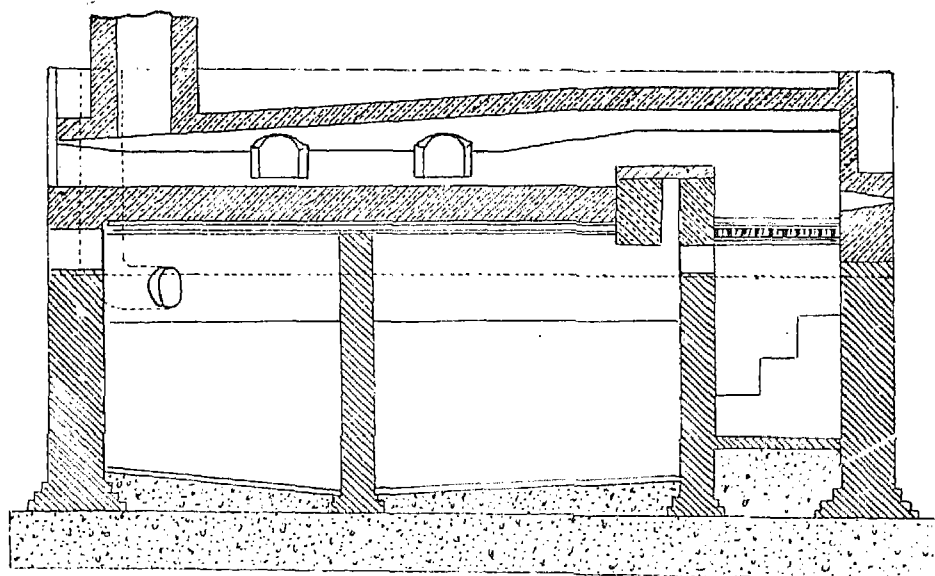
۲ ـ گدازاکسید قلع پرعیار شده درکوه بلند واترژاکت ـ احیاء قلع از مواد اولیه اکسید بوسیله زغال چوب یا زغال انتراسیت اززمان سابق درکوره‌های استوانه شکلی که بتدریج بصورت کوره بلند واترژاکت درآمده‌اند صورت میگرفته است . اکسید قلع نسبتاً خالص راباقطعات مناسب درآورده‌وبا مقداری مواد گدازآوروزغال

چوب یا زغال انتراسیت مخلوط کرده و باد لازم را بدرون کوره دمیده تا اینکه اکسید قلع احیاء شود. فعل وانفعالات شیمیائی که در کوره صورت میگیرد بسیار ساده است $SnO_2+C=Sn+CO_2$ فلز قلع احیاء شد. و بشکل قلع «خام» در بوته جمع میگردد. البته تمام قلع پس ازاحیاء شدن بحالت آزاد باقی نمیماند ومقداری از آن با سیلیس موجود درقشرکان ومواد گداز آور درترکیب درآمده تولیدسیلیکات نموده و تشکیل سرباره میدهدودرنتیجه «بازده» آنرا کم میکنند. سرباره ایکه در گداز اولیه تشکیل میشود حتی در بهترین شرایط مساعدمقدارمعتنابهی قلع دارد ولازم است مجدداً آنرا گداخت ولی البته محصول اصلی گداز، «قلع خام» است که باید قبل از استعمال آنرا تصفیه نمود.

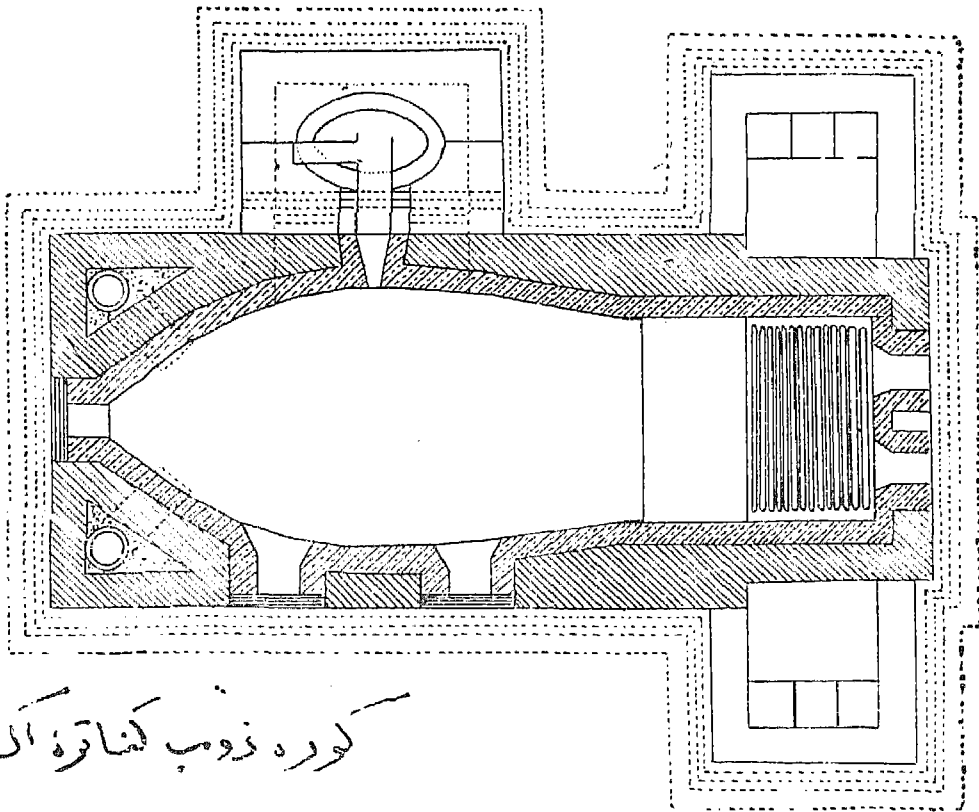
۳ـ گدازقلع درکوره شعله‌ای (روربر) ـ چون اغلب مواد اولیه قلع بصورت گرد و ذره میباشد لذا کوره شعله‌ای بیش از کوره بلند در گداز و استخراج آن از مواد اولیه بکارمیرود، وازطرفی دیگر کوره مزبور رامیتوان بهتر دراختیار داشت و درنتیجه سرباره تمیزتری که محتوی مقدارکمتری قلع است بدست آورد. کوره شعله‌ای که دراین مورد بکارمیرود اختلاف زیادی باکوره‌های شعله‌ای معمولی ندارد جزاینکه اتاق گداز آن بیضی شکل ودروسط آن گودالی تعبیه شده که بوسیله مجرائی متصل به یك تشت بزرگی است که خارج کوره مقابل آن قرارگرفته است ومواد مذاب یعنی قلع خام وسرباره باین تشت منتقل شده وبعداً از یکدیگرجدا میگردند.

ظرفیت کوره‌هاکم وطوری است که ممکن است درشبانه روز درحدود ۵ ـ ۱۰ تن مواد اولیه پرعیارشده را گداخته وذوب نمود. بارکوره ازمواد اولیه قلع کنسانتره باضافه مقداری مواد گداز آور و ۱۰ ـ ۱۵٪ زغال انتراسیت یا زغال چوب بسیار نرم تشکیل میشود. این مخلوط را درکوره قرارداده وحرارت میدهند تا اینکه اکسید قلع احیاء شود. پس ازگداز مواد اولیه، مقدارگرما را بتدریج زیاد میکنند تا بین ۱۲۰۰ـ۱۳۰۰ درجه سانتی گراد باشد؛ سپس قلع خام راازتشت مقابل بوسیله ملاغه‌هائی برداشته ودرشمش های ۳۵ ـ ۴۰ کیلو گرامی قالب میزنند.

سرباره حاصله را بصورت آجرهای چهارگوشی قالب زده ومورد استفاده قرار

میدهند ولی اگر هرآینه قلع فلزی محتوی درسرباره قابل ملاحظه باشد، آن سرباره را بابار اصلی کوره مخلوط کرده ومجدداً ذوب میکنند .

شکل (۱۹۷) برش قائم کوره شعله‌ای گداز قلع

درموقع بارگیری وانتقال مواد اولیه که تماماً بصورت گرد میباشد، طبیعتاً دوده وغبارات زیادی تولید میشود که اگر گرفته نشوند از دهانه دودکش کوره خارج شده و بهدر میروند . نظر باینکه قلع فلزیست قیمتی، لذا کلیه کوره های گداز را باید مجهز بادستگاه غبارگیر از نوع کیسه‌ای ویا لوله‌ای نمود .دراین دستگاهها دوده وغبارات که از کوره خارج شده دردرون سطوح داخلی لوله‌ها یا درخلل وفرج کیسه ها (گونی) گرفته شده و بعداً بشکل گردی جمع آوری شده ومجدداً بشکل ماده اولیه درکوره بکار میرود .

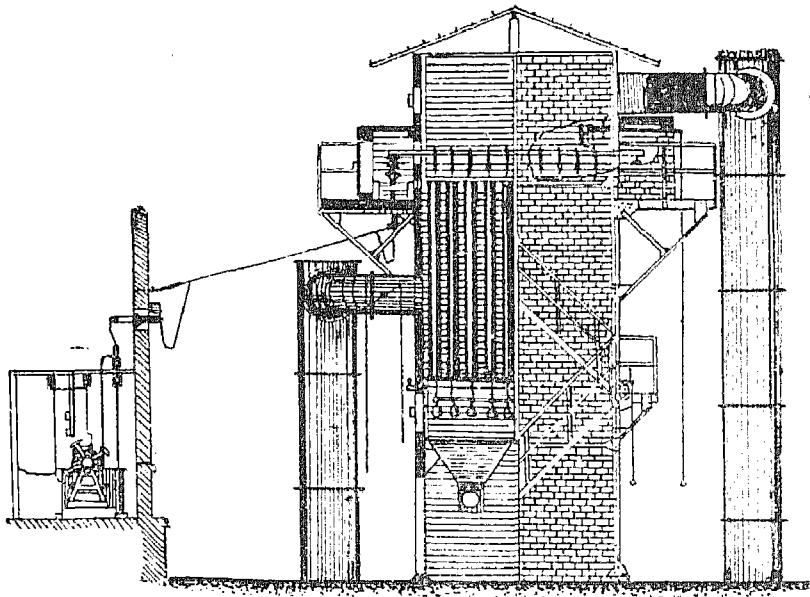
۴ ـ تصفیه قلع. محصول کوره بلند ویاکوره شعله‌ای قلع خامی است که چون محتوی مقداری ناخالصی است صلاحیت استعمال مستقیم درصنعت را ندارد؛ برای اینکه قلع را همیشه بشکل خالص بکار میبرند .تصفیه قلع خام به قلع خالص به دو طریق انجام میگیرد ۱ـ طریقه آتشی درکوره شعله‌ای ۲ ـ طریقه الکتریکی در حوضچه های الکترولیز .

شکل (۱۹۸) برش افقی کوره گداز قلع صفحه (۵۵۹)

۱ ـ تصفیه آتش قلع در دو مرحله اصلی صورت میگیرد .

الف) مرحله گداز و آب کردن قلع خام

ب) مرحله جوشانیدن بهم زدن یاریختن قلع ازارتفاع .

شمش های قلع خام را دریك کوره شعله تصفیه که شباهت بکوره تصفیه روی دارد قرارداده ودرجه گرما را متدرجاً زیاد کرده تا اینکه قلع از حالت جامد بحالت مایع درآید ولی ناخالصیهای موجود در آن بشکل اجسام غیرقابل حل همچنان باقی بمانند تابتدریج اکسید شده وروی سطح قلع گداخته شناورشوند ؛ زیرا در اینصورت میتوان آنهارابوسیله آلات مخصوصی برطرف نمود .

اینعمل مدت زیادی بطول میآنجامد ولی برای اینکه تصفیه قلع درمدت کوتاه تری انجام گیرد شمش های قلع ناخالص را در پاتیل بزرگ چدنی آب کرده وبتدریج درجه گرمای آنرا بالا میبرند؛ دراین موقع تنه درخت سبزی را بداخل قلع گداخته فرو برده وبهم میزنند؛ این عمل سبب میشود که رطوبت و آب وهیدروکاربورهای فراریکه دردرخت سبز میباشند فرارکرده وباخود ناخالصیهای موجود را اکسیده نموده وروی سطح قلع مذاب بالاآورند .

شکل (۱۹۹) دستگاه غبارگیر «لوله‌ای»

پس ازاینکه مقداری از ناخالصیها گرفته شد، ممکن است بقیه را باعمل تهویه از بین برد . برای اینکار، قلع را بوسیله ملاغه‌هائی برداشته وازارتفاعی مجدداً بدرون کوره یا پاتیل میریزند. درحین ریختن، اکسیژن بدرون قلع گداخته رفته وبا ناخالصیهای آن ترکیب شده وآنها را تبدیل به اکسید مینماید ودرنتیجه قلع خالص بدست میآید که بعداً در قالب های ۳۵ ـ ٤٠ کیلوگرامی یا بیشتر ریخته وبشکل شمش ببازارعرضه میشود .

تصفیه الکتریکی ـ اگرچه میتوان بوسیله الکترولیز قلع صددرصد خالص بدست آورد، ولی نظر به هزینه زیاد وعوامل اقتصادی مخالف، کلیه قلع خالصیکه دربازارهای

فلزات بفروش میرسد ازطریق تصفیه آتشی بعمل میآید. طریقه الکتریکی برای بازیافت قلع از آهن ورق کهنه (حلبی) وازیاتاقانهای سوخته شده وازسایر چیزهائیکه قلع دارند درامریکا ازمرحله آزمایش بمرحله عمل گذارده شده وبیشتر باین منظور بکارمیرود .

قلع ناخالص را بشکل انود درآورده و درحوضچه های الکترولیز که محتوی محلول اسیدفلوسیلیسیك H^2SiF6 و قدری اسیدسولفوریك واسید کرزلیك وصمغ مخصوص میباشند دربین کاتودهائیکه ازقلع خالص ساخته شده آویزان کرده ودراثرجریان الکتریسته قلع یونیزه شده وروی صفحه کاتود رسوب میکند . پس ازاینکه بقدر کافی جمع شد کاتود را بیرون آورده وقسمت رسوب شده را ازصفحه اصلی جدا کرده و بعداً درپاتیل مخصوصی گداخته وبشکل شمش درمیآورند .

محصول سالیانه قلع دردنیا ۱۷۵ ۰۰۰ تن ومصرف سالیانه درحدود ۱۸۰ ۰۰۰ تن میباشد . یك سوم محصول سالیانه ازمعادن شبه جزیره مالزی و بیرمانی وبقیه از جزایرهند هلند؛ کشوربولیوی وسایرنقاط قلع خیزدنیا بدست میآید .

بزرگترین خریدار قلع کشور ایالات متحده امریکا است که در سال بیش از ۴۰٪ محصول دنیارا مصرف میکند .

موارد استعمال قلع - مهمترین مصرف کننده قلع کارخانجات حلبی و آهن ورق سازی است . برای اینکه سطوح آنها را ازفیلم نازك قلع میپوشانند ودرقلع گداخته آنها را لعاب میدهند تا اینکه درمقابل اثرات عوامل جوی واسیدهای رقیق مقاومت کرده و زود زنگ نزنند . سالیانه در حدود ۴۰٪ محصول قلع دنیا بمصرف حلبی سازی میرسد .

دردرجه دوم ساختن همبسته های لحیم است که برای لحیم کاری و سفیدگری ظروف مسی است و مخصوصاً در ایران زیاد مصرف میشود .

دردرجه سوم ساختن فلز ضد اصطکاك موسوم به (Babbit) است .

دردرجه چهارم ساختن همبسته مهم آن مفرغ (برنز) است که بمصرف ساختن مجسمه ها ، زنگ های بزرگ ساعت وکلیسا وسایرچیزهای میرسد .

دیگر از موارد استعمال قلع ساختن لفاف های نازك برای پیچیدن و محفوظ

داشتن لبنیات‌وشوکولات وسایرچیزهای میباشد .

دراکتشافات سطحی که دربعضی ازنقاط کشور ماشده است تا بحال مواد اولیه قلع نه بصورت رگه و نه بصورت آب رفت پیدا نشده است .ولی نمیتوان این‌را دلالت برعدم وجود این فلزدر ایران دانست . مصرف قلع درایران زیاداست‌واغلب‌بازرگانان ایرانی این فلز را بمقادیر زیاد از مراکز تولید کننده وارد میکنند . مصرف قلع در ایران‌زیادبرای‌سفیدگری‌ظروف مسی-لحیم گری(لحیم حلبی سازی)میباشد .

درجدول زیر تجزیه کامل قلع های خالص که ازمراکز تولید کننده به بازارهای دنیا عرضه‌میشود داده شده است .

جدول (۳۷) صورت تجزیه شیمیائی قلع شمشی

کشور یاشرکت سازنده	قلع ٪ Sn	انتی‌موان ٪ Sb	ارسنیك ٪ As	سرب ٪ Pb	بیزموت ٪ Bi	مس ٪ Cu	آهن Fe	نقره Ag
شرکت قلع الکترولیتکی بولیوی	٩٩/٩٢٨	٠/٠٠٢	٠/٠٠٢	—	٠/٠٤٢	٠/٠٢٦	—	—
قلع بانکا ـ جزائرهند هلند	٩٩/٩٥٠	٠/٠٠٧	—	اثر	—	٠/٠١٨	٠/٠٤٥	—
قلع پنانك	٩٩/٩٣٩	اثر	٠/٠١٣	اثر	—	٠/٠١٦	٠/٠٢٨	—
قلع جزیره تاسمانی (استرالیا)	٩٩/٧٩٥	٠/٠٥١	٠/٠٦٣	٠/٠٣٧	٠/٠٠٥	٠/٠٣٥	٠/٠٤٢	—
قلع پیرمونت (استرالیا)	٩٩/٩٣٨	٠/٠٧١	٠/٠١٩	اثر	—	٠/٠٢٢	اثر	—
قلع ایروین بانك	٩٩/٥٨٠	٠/٠٦٢	٠/٠٣٤	٠/٢٢٢	٠/٠٢٥	٠/١٢٦	٠/٠٠٢	٠/١٨
شرکت ویلیام هاروی بولیوی و شمال افریقا	٩٩/٨٦٠	٠/٠١٥	٠/٠٤٠	٠/٠٠٤	٠/٠٠٥	٠/٠٤٧	٠/٠٠٣	—
پن پول (کورن وال) انگلستان	٩٩/٧٢٠	٠/١١٨	٣ ٠٥٤	٠/٠٪٤١	٠/٠٠٧	٠/٠٥٢	٠/٠٠٤	٠/٠٩
ردروث (انگلستان)	٩٩/١٦٠	٠/١٧٦	٠/٠٥٤	٠/١٧٧	٠/٠١٧	٠/٤٤٥	٠/٠٤١	٠/٠٠٦
قلع چین	٩٩/٣٤٣	٠/٠٣١	٠/٠٤٠	٠/٤٣٤	٠/٠٠٧	٠/٠٥٢	٠/٠١٠	اثر
وینك هونك چین	٩٩/٦٦٢	٠/٠٣٩	٠/٠٪٣٥	٠/٠٣٥	٠/٠١٢	٠/١٣٤	٠/٠١٤	»

فصل بیست و چهارم
طلا

رنگ زرد دل پسند ، جلای فلزی درخشنده ، خواص فساد ناپذیر، پیدا شدن آن در شن و ماسهٔ بستر و کنارهٔ بسیاری از رودخانه ها بهترین دلائل توجه انسان اولیه بوجود این عنصر گران بهائیکه تا امروز هم مقام نخست را بین سائر فلزات حائز است میباشد . اگرچه طلا نخستین فلزی است که بر انسان اولیه معلوم بوده ولی استعمال آن در زیور و آلات تجملی درعصر مفرغ یعنی پس از آموختن رموز گداز فلزات صورت گرفته است . باستانی ترین آثار طلا شوئی ، استخراج و گداز آن که تا هم اکنون باقی است در نقاط مختلف مصر علیا وسودان واقع اند و شامل گودالهای کم ژرف در سواحل ورودخانه وچاههای مختلف در نقاط کوهستانی میگردند . انسان اولیه سنگهای طلا دار را بوسیله چکشهای سنگی شکانده و در آسیاهای سنگی خرد کرده و بشکل ذرات ریز در آورده وروی سطوح موربی می‌شسته تامواد خاکی را از ذرات طلا مجزا نماید و پس از بدست آوردن مقدار کافی آنرا با مواد گداز آوری مخلوط کرده و در بوته گداخته وطلای فلزیرا بدست میآورده است .

قدیمی ترین طلای فلزی بعضی علائم مطلا است که از سلسله چهارم فراعنه (۴۰۰۰ سال قبل از مسیح) در مصر علیا کشف گردیده و در بعضی آثار سلسله دوازدهم فراعنه (۲۴۰۰ سال قبل از مسیح) اطلاعاتی موجود است که میتوان بسهولت استنباط کرد که مردمان آن عصر فن طلاشوئی واستخراج و گداز آنرا حتی از سنگهای معدنی نیز میدانستند ومورد استفاده قرار داده بودند . اغلب طلائیکه درازمنه قدیمه استخراج میگردیده، طلای آبرفت بوده . شن وماسه طلا دار را از روی سطوح موربی که روی آن پوست بز یا بره قرار داده بودند با آب میشستند و درنتیجه ذرات طلا لابلای موهای پوست محبوس گشته و پس ازخشك کردن در آفتاب پوست را تکان داده و ذرات

طلا را جمع آوری مینمودند تا بمرورزمان بقدر کافی جمع شود . چندی بعد، استعمال جیوه وساختن ملغمه در استخراج طلا کشف گردید و این اکتشاف را میتوان بمنزله طلیعه دانش شیمی بشمار برد ، زیرا یگانه محرك و مشوق دانشمندان قدیم بدست آوردن واستخراج این فلز گران بها بود و بمنظور تغییر دادن ماهیت فلزات دیگر و تبدیل آنها به طلا بود که کیماگران تمام جدوجهد خود را درپیدا کردن راه حل این معما مبذول میداشتند. ازسده چهارم تاسده پانزدهم میلادی دانش شیمی به« کیمی» یاالکیمیاء موصوف بود، واصول مهم آن برروی عملیات استحاله فلزات وتغییر دادن ماهیت فلزات پست وتبدیل آنها به طلا ونقره چرخ میزد . تمام سعی و کوشش دانشمندان این دوره درنیل باین مقصود وبدست آوردن «اکسیر» مصرف میگردید، تا اینکه پاراسلسوس Paracelsus اصول تجزیه وپیدایش ترکیبات شیمائی دواجات؛ واگریکولا Agricola اصول ومبانی گداز فلزات را بصورت کتاب درآوردند وبعالم تمدن تقدیم داشتند .

طلا بدون شك محرك و سبب اصلی بسیاری از جنگها، غارتگری و چپاولها و مسافرتهای خطیر بوده است که درنتیجه آن خونریزی وشقاوت وتوحش نصیب اقوام بنی آدم گردیده ولی درآن واحد باید اذعان کرد که طلا بیش از هر عنصر فلزی موجب ترقی وپیشرفت تمدن بوده است؛ زیرا ماحصل تفحصات وتجسسات وجد وجهد کیماگران باستانی پیدایش دانش بسیارضروری وحیاتی یعنی شیمی، ونتیجه کاوش وجستجو ومسافرتهای خطیر ماجراجویان ومخاطره طلبان، کشف ممالك تازه وشناسائی کامل به نقاط مختلف مجهول کره زمین وبالاخره بسط وتوسعه تمدن بشر بوده است .

خواص فیزیکی - خواص چکشخواری ، تورق و مفتول شدن (مالیابیلیته و دوکتیلیته) طلا از تمام فلزات بیشتر ودردرجه یکم میباشد؛ زیرا میتوان یك گرام طلا را بقدری باچکش نرم ومسطح نمود که بتواند مساحتی برابر ۰/۵٦ مترمربع رااشغال کند وهمچنین از آن یك ورق نازکی ساخت که کلفتی آن درحدود ۰/۰۰۰۰۰۸٤ سانتی متر باشد بایك گرام طلا میتوان سیمی بطول ۲۳۵۰ مترساخت. رنگ زرد طلا دراثر وجود ناخالصیهائی مانند نقره ، نیکل و آهن تغییر میکند . طلا ازنقره نرم تر ولی ازقلع سخت تر میباشد ومقاومت آن دربرابر نیروی کشش درحدود ۱۲۰۰ کیلوگرم درسانتی مترمربع است .

طلا سنگین ترین فلز معمولی بوده و وزن مخصوص آن درحالت ریخته شده ۱۹/۲۹ ودرحالت نوردوچکش‌شده ۱۹/۳۷ میباشد . طلا در۱۰۶۳ درجه سانتی گراد گداخته وبحالت مایع ودر۲۵۲۰ درجه سانتی گراد بجوش‌درمیآید، ولی تبخیر وتصفیه آن از ۱۱۰۰ درجه آغاز میگردد . هدایت الکتریکی آن ۷٦/۷ درصدنقره میباشد وهدایت گرمائی آن نصف هدایت گرمائی نقره است .

خواص شیمیائی - علامت شیمیائی طلا (Au) و وزن اتمی آن ۱۹۷/۳است . عوامل جوی واسیدهای معدنی به تنهائی وچه درحالت سرد وچه گرم به‌طلا اثر نکرده وبرای این‌خواص بود که‌قدماطلارا برسایر فلزات درساختن‌اشیاء فلزی‌ترجیح‌میدادند

طلا در تیزاب سلطانی ؛ محلول‌کلور، وبمقدار کم‌تری در برم ویود بسهولت حل گشته وتولید املاح مربوطه را میکنند .

طلا بشکل ذرات درمحلول سیانورپتاس یا سود در مجاورت هوا حل میشود و بشکل محلول سیانور $KAu(CN)_2$ درمیآید. که‌هرگاه در تحت عوامل‌احیاء‌کننده واقع شود،طلا آزاد شده و بشکل گرد سیاه رنگی‌رسوب میکند . وجود ناخالصیها ولو بمقادیر بسیار جزئی تغتیراتی در خواص طلا میدهد . مقادیرجزئی از Bi,Pb Sn,Sb،Cd طلا را سخت وشکننده میسازند و ازحیز انتفاع ساقط میکنند. بیزموت بمقدار ۰/۰۵٪ طلا را بقدری سرد و شکننده میسازدکه میتوان آنرا با فشار دست خورد وریز کرد .

طلا با بسیاری ازفلزات‌درآمیزش شیمیائی درآمده وتولید همبسته مینمایدولی همبسته‌هائیکه ازنقطه نظرصنایع اهمیت دارندعبارتند ازهمبسته طلا با نقره-پلاتینم-مس -جیوه‌وآلومی‌نیم .

مواد اولیه وسنگهای معدنی طلا

حالت طبیعی . طلا بشکل ذرات بسیار ذره‌بینی و در حالت طلای «اولیه» در تمام سنگهای قشرزمین،چه‌آتشفشانی وچه رسوبی ودرآب دریا ها و اقیانوسها یافت میشود . درنتیجه‌آزمایشهای زیاد امروزمعلوم گردیده‌که مقدارتقریبی طلا درسنگهای آتشفشانی ۰/۰٦۲ قسمت دریك‌ملیون ؛ درسنگهای‌رسوبی‌۰/۰۱۵ قسمت دریك‌ملیون

ودر آب دریاها ۰/۰۲۶ قسمت دریك میلیون میباشد . در سنگهای آذری بیشتر و به کمیت های ، قابل استخراج درسنگهای بازالت ـ گابرو ـ دیوریت و بعداً درگرانیت و گوارتز ؛ در سنگهای رسوبی اغلب در سنگهای شیستی و سنگ لوح و در درجه دوم درسنگهای شنی و آهکی یافت میشود .

سنگهای معدنی طلا ـ ۱ ـ دررگه های گوارتز ـ طلا دررگه های کوارتز بشکل ذرات پراکنده درخمیره فشرده‌شده آن بحالت آزادیافت‌میشودومهمترین آنهاشامل سنگهای گرانیت ـ گنایس ـ تراکیت ـ اندسیت ـ بازالت و دیوریت ـ گابرو و شیست میباشند

۲ ـ طلای بستر رودخانه ها یاطلای آب رفت که دراصطلاح Placer مینامند طلای آب رفت بردونوع است .(الف) آبرفت‌های سطحی ب) ابرفت های‌عمقی :

(الف) آب رفتهای سطحی عبارتند ازشن زارها وبسترهای جدیدالاحداث که در کناره ودرکف رودخانه های ابداروزنده که‌حامل ذرات طلا هستند بوجود میآیند .
دربستراین آب رفت ها،چه رودخانه وچه مسیل،همیشه طلا بشکل ذرات ودانه های بسیار کوچك وفلس‌های بسیار نازك در لابلای شن و ماسه ولجن گسترده شده‌است گاهی اوقات تیکه‌های بزرگ وقابل ملاحظه‌ایکه‌طلا درآن تمرکز یافته اتفاقاً پیدا میشود وبزرگترین قطعه‌ایکه تابحال پیدا شده و در تاریخ به ثبت رسیده قطعه‌ایست موسوم به [۱] بوزن ۹۵/۶ کیلوگرم که درسال ۱۸۸٦ درویکتوریا،جنوب افریقانزدیك بسطح زمین پیدا شده است .

ذرات طلای آب رفت همیشه با سایرمواد معدنی ازقبیل طلای سفید ـ مانیتیت پیریت‌آهن ـ ایلمنیت، زیرکن ـ گارنت ـ روتیل ـ باریت و لفرام، کاسیتریت وگاهی اوقات الماس بهمراه میباشد .

ب) آب رفت های عمقی عبارتند ازشن زار های بستر رودخانه و مسیلهای کهنه که درنتیجه عوامل طبیعی از قبیل فرسایش Erosion وگدازه‌آتشفشانیها در تحت طبقات خاك وسنگهای مختلف مدفون شده‌اند ولی‌عیناً مانندآب رفت هاسطحی‌بوده و

۱- Welcome stranger

هیچ تفاوتی ندارند . طلا دراینگونه آبرفتها،بازبشکل ذرات ریز وفلسهای بسیار نازك درلابلای شن وماسه بوجودآمده است .

۳ ـ طلا بحالت ترکیب درسنگهای تلوریم‌دار دربعضی ازنقاط استرالیای‌غربی واتریش وامریکا باشکال مختلف یافت واستخراج میگردد ـ مهمترین آنها عبارتند از

الف ـ کالوریت Calverite بفورمول (Au Ag) Te در غرب استرالیا و کالیفرنیاموجوداست .

ب ـ پتزیت Petzite بفورمول $Ag_2.Te$ که مقداری طلا نیزبهمراه دارد .

ج ـ کالگورلیت $(AgAu_2Ag_6Te_6)$ KaIgoorlite درغرب‌استرالیا یافت‌میشود

د ـ کولگاردیت Koolgardite بفورمول $(Au. Ag . HgTe_6)$ در ناحیه کالگورلی درغرب استرالیا یافت میشود .

٤ ـ طلا بشکل ذرات آزاد ولی مختلط دربسیاری از سنگهای معدنی سولفور مس ؛ سرب؛ روی وآهن‌موجوداست . برای‌بدست آوردن‌طلای‌موجوداین‌مواداولیه، ابتداء فلزات‌اصلی‌انهارا استخراج نموده وبعداً درحین تصفیه طلا و نقره را استخراج میکنند ،البته این طلا محصول درجه دوم یا محصول فرعی بشمارمیرود . یکی از علل تصفیه الکتریکی بعضی ازفلزات ازقبیل‌مس وسرب‌همین بدست‌آوردن طلای موجود درآنها میباشد .

پخش جغرافیائی طلا ـ طلا دربسیاری ازنقاط کره زمین یافت میشود ولی‌در جاهائیکه به‌کمیت های بازرگانی استخراج میگردد عبارتند از : ۱ ـ اروپا ـ دراطریش ترانسلوانی ؛ تیرول ؛ سوئد ؛ فنلاند ؛ انگلستان ؛ روسیه دراورال شرقی و غربی ودر سیبری .

۲ ـ آسیا ـ درهندوستان نواحی مایسورو مدارس ؛ کره ؛ چین ؛ ژاپون ؛جزایر سوماترا ومالزی‌و فیلیپین .

۳ ـ امریکا ـ درامریکای شمالی ـ الاسکا؛ایالات متحده‌امریکا درنواحی‌کالیفرنی کولورادو ؛ داکوتا ؛ اریزونا ؛ یوتا . در مکزیك‌وامریکای‌مرکزی . درامریکای‌جنوبی درکشورهای‌کلمبیا ، بولیوی ؛ شیلی ؛ برازیل ؛ وپرو .

۴ ـ افریقا ـ درسواحل غربی افریقا ، حبشه ؛ ترانساوال ، رودزی شمالی وجنوبی جزیره ماداگاسکار؛ مصر وسودان.

۵ ـ استرالیا درقسمت غربی ودرجزیره تازمانیا وزلاند جدید یافت واستخراج می گردد .

در ایران آثار و علائم طلا شوئی در نقاطی موجوداست که ازدیرزمانی ازانها طلا بدست میآمده است واین نقاط عبارتند ازنواحی همدان نزدیك الوند ؛ درنواحی دامغان کوه زر ؛ درجنوب اراك دهکده آستانه وبیشه؛ دردره رودخانه آب دیز

اخیراً بانك صنعتی ومعدنی ایران یك دستهٔ اکتشافی جهت کاوش وطلاشوئی باین نقطه فرستاده وتابحال اثاروعلائم مثبتی بدست آورده اند. البته طلائیکه دراین نقاط بدست خواهد آمد طلای اولیه وآزاد خواهد بود . طلای مختلط باسنگهای معدنی دیگر در معدن مس زنجان ومعدن خونی درانارك موجود است .

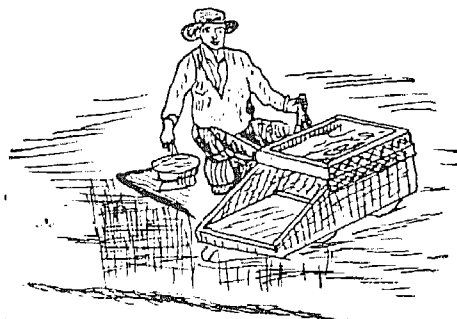
اصول استخراج

طلاشوئی با وسایل ساده ـ طلائیکه بشکل ذرات بسیار ریز و ذره و فلسهای نازك درآب رفتها وبستررودخانه های خشك وآب دار ومسیلها بین شن وماسه پیدا میشود ازطریق شستن بدست میآید . عمل طلاشوئی دراسبابهای بسیارساده ازقبیل لاوك یا تشت وگهواره وبندوسدهای باریك و درازکه غالباً از چوب و تخته ساخته میشوندصورت میگیرد .

۱ ـ لاوك یاتشت طلاشوئی ـ لاوك که ازهزاران سال قبل درشستن شن وماسه های طلا دارد درست بشر بوده ازیك تشت یاظرف آهنی کم عمقی که قطر قاعده مسطح وهموارآن ۲۰ ـ ۲۵ سانتی متروگودی آن ۶ ـ ۸ سانتی مترولبه یاکناره آن باقاعده زاویه ۴۵ درجه میسازد، تشکیل شده است . لاوك را یاازپولاد ورق ویا ازتخته میسازند طرزاستعمال لاوك ازاینقرار است :

ابتدا دوسوم ظرف را ازخاك بستررودخانه که احتمالا محتوی طلا است پر کرده وبادست شن وماسه وگل ولای را بهم زده تااینکه ذرات بهم چسبیده ومتراکم از هم جدا شده و متلاشی شوند وآب گل آلود گردد . سپس لاوك را با دو دست گرفته و

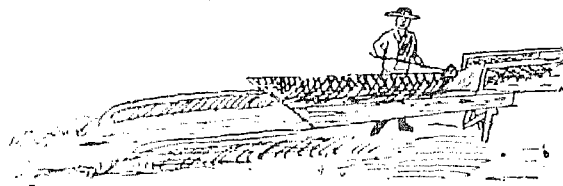
مانند غربیل یاسرند یت حرکت دورانی بآن میدهند بقسمیکه مواد برحسب قـانون ثقل اجسام درداخل لاوك طبقه بندی شوند؛ یعنی ذرات سبك وزن در بالاو ذرات سنگین وزن درزیرقرار گیرند . قلوه سنگ وتیکه‌های بزرك رابا دست برطرف کرده وحرکت دورانی را همچنان ادامه داده و باریختن آب اضافی مواد بی ارزش وخـاکیرا بیرون ریخته وذرات فلزی را درته لاوك نگاه میدارند؛ پس ازچندمرتبه شستن ذرات فلزیکه ته لاوك باقی میماند درظرف دیگری جمع کرده تا اینکه مقدارکافی بدست آید؛ آنوقت ذرات طلا را ازذرات شن سیاه، مانیتیت وایلمنیت جدا کرده وطلا را یا بوسیله ملقمه ویا بوسیله هوا دادن بدست میآورند .

۲ ـ گهواره ـ گهواره طلا شوئی از یك صندوق تختهٔ مکعب مستطیل شکل که بارتفاع ۰/۹۰ وبعرض ۰/٤۵ مترمیباشد وروی دوپایه منحنی قرارگرفته تشکیل شده است وطرز استعمال آن چنین است : شن وماسه طلا دار را با بیل برداشته و داخل صندوقی که‌درکف آن یك شبکه تورفلزی ماننددغربیل قرار گرفته ودارای سوراخهائی بقطر ۱ ـ ۱/۵ سانتیمتر است میریزند و گهواره‌را با دست بنوسان در میآورنـد . در نتیجه این حرکت نوسانی؛ مواد ریز ازدرشت جدا شده و از سوراخهای غربیل پائین

شکل (۲۰۰) گهواره طلا شوئی

افتاده‌وروی‌سطح مورب‌جاری‌میگردد. درداخل گهواره‌حائلی‌ازیك قطعه‌تخته هموار و مسطحی ساخته شده که روی آن‌پتو یا نمد بسیارخوبی‌پوشیده‌شده. درحین‌جاری‌شدن مواد، طلائیکه بشکل ذرات بسیارریزاست لابلای مو های پتو یا نمد در سطح مورب گرفته میشود وذرات بزرگ یا شن وماسه به کف‌گهواره آمده‌ودراینجا به دو مانع

که محتوی جیوه نیز میباشند بر خورد کرده و طلا با جیوه تولید ملغمه مینماید و بقیه مواد خاکی با آب اضافی بخارج شسته میشوند. برای خارج کردن طلا، موانع وحائل را برداشته، در خارج شسته وطلائیکه بآنها چسبیده در ظرف دیگری جمع نمودهٔ تا بقدر کافی که مناسب برای عملیات گداز باشد بدست آید.

۳ ـ بند یاسدهای تخته‌ای ـ بند یا ناودانهای تخته از صندوقهای درازو ذوزنقهٔ شکل تشکیل شده که یکطرف آنها باز میباشد. طول هر ناودان درحدود ٤ متروعرض آن درقسمت سر ۰/۵ مترودرقسمت پا ۰/۷۵ مترو گودی آن ۰/۲۵ متراست. صندوقها را طوری میسازند که میتوانند یکی بعد ازدیگری روی هم لب به‌لب قرار گیرند. صندوق یا ناودانها را روی خرپا باشیب ۱ : ۱۲ یا بیشتر مستقر میسازند که بشکل یك جوی آبی در آیند. در ناودانهای آخری چند عدد شیار چوبی در کف آنها میگذارند که تا حدی مانع بیرون رفتن ومفقود شدن ذرات طلا باشنها وماسه های سبك وزن گردد. برای شستن طلا بستررودخانه یا مسیلی‌را ابتداء کنده و با آب مخلوط کرده بصورت گل ولای درآورده وروی این ناودانها باآب اضافی بجریان می‌اندازند. ذرات شن وماسه ازهم متلاشی شده وذرات سبك وزن باآب شسته شده و ازیك ناودان به ناودان‌دیگری رفته وبالاخره بخارج‌میریزد، ولی‌ذرات طلاوفلزات سنگین وزن‌دیگر درته ناودانها ته نشین شده ولابلای شیارها گیر کرده وجمع میگردند. برای اینکه ذرات طلا بتوانند کاملا ازذرات شن وماسه وگل ولای جدا شوند باید طول ناودانها زیاد باشد وبه ۱۰۰ متریا بیشتر برسد.

گاهی اوقات مقداری جیوه در جریان مواد میگذارند که زود ترطلا را بخود

(شکل ۲۰۱) ناودانهای طلاشوئی

بگیرد وبشکل ملغمه درآورد. شستن مواد طلا دار بدینطریق هرروز ادامه دارد ولی درهر هفته یکمرتبه جریان مواد را از درون ناودانها متوقف ساخته وذرات طلا که‌در

کف ناودانها جمع شده جاروب کرده وخارج نموده و درظرف دیگری گرد می‌آورند که پس ازرسیدن بحدکافی گداخته وبشکل قطعات فلزی یاشمش درآورند. نظر باینکه ممکن است مقداری طلا گرفته نشود وباآب بیرون رود وبیهوده تلف شود،لذا درکف بعضی ازناودانها چند عدد پوست بزیا بره یاپتوئی میگسترانند که ذرات طلا لابلای موی آنها گرفته شود . اگرآب رودخانه‌ایکه دربستر آن طلا موجود است زیادنباشد میتوان بستر رودخانه‌رادرنقاط‌مختلفی کمی گودکردو درته گودال پتو یا پوستی جای داد . بعداً خاك بستر قسمت بالاتر رودخانه را بهم زده وآب را عمداً گل‌آلود کرده تا اینکه ذرات ته نشین شده ازجای خود بحرکت در آمده وبا جریان آب به جلو روند.درنتیجه این عمل ، ذرات طلا که باآب رودخانه در جریان میافتند موقع رسیدن بگودالها دفعتاً پائین‌افتاده‌ولابلای‌موی‌پتویاپوست گیر کرده‌درانها باقی‌میمانند. پس ازمدتی پتووپوستها را بیرون‌آورده،درآفتاب خشك کرده وتکان میدهند وذرات طلا رابدینقسم‌جمع‌مینمایند. البته این عمل موقعی‌امکان‌پذیراست که اولاآب‌رودخانه زیاد نباشد وثانیاً طلا درخاك‌بستر، زیاد در عمق نباشد . ولی در رودخانه های عمیق که دربستر آنها طلا موجود است خاك بستر را باید بوسیله کشتی«شن کش»، کنده ، بالا آورد وروی صحنه کشتی‌یا نزدیك بساحل عمل شستن را انجام داد . استخراج طلا ازبستررودخانه‌های پرژرف بوسیله کشتی های شن کش صورت‌میگیرد واینعمل‌را بانگلیسی‌به Dredging مینمامند وخود کشتی که‌مخصوص اینکار ساخته میشود به Dredge معروف است .

استخراج طلا از رگه های کوارتز و سنگهای معدنی غیر ازآب رفت ـ طلائیکه بشکل ذرات ریز وپراکنده‌درخمیره فشرده‌شده رگه‌های کوارتز یاسنگهای دیگر بوجودآمده است بطرق زیر استخراج میگردد .

۱ ـ طریقه ملغمه

۲ ـ طریقه سیانوراسیون

۳ ـ طریقه کلورینااسیون

۱ ـ طریقه ملغمه [۱] ـ اگر در رگهٔ کوارتز Quartz،طلا بیشتر بحالت آزاد بوجودآمده وسولفور وارسنور فلزات دیگر بهمراه نداشته باشد،طلا را میتوان درآن

---

۱ ـ the amalgamation process

صورت بوسیله ملقمه نمودن باجیوه جدا نمود . معمولا در یك رگه طلادار، آن قسمتی که نزدیك به سطح است و تحت عوامل جوی واقع شده است، میتوان با ملقمه جدانمود وبدست آورد . استخراج طلا در این طریقه مشتمل مراحل زیر میگردد .

الف) شکاندن مواد اولیه ، خورد کردن و آسیانمودن آنها در ماشینهای مربوطه .

ب) تماس دادن مواد طلا دارخورد شده با جیوه و تشکیل ملقمه.

ج) جداکردن ملقمه ازموادديگر.

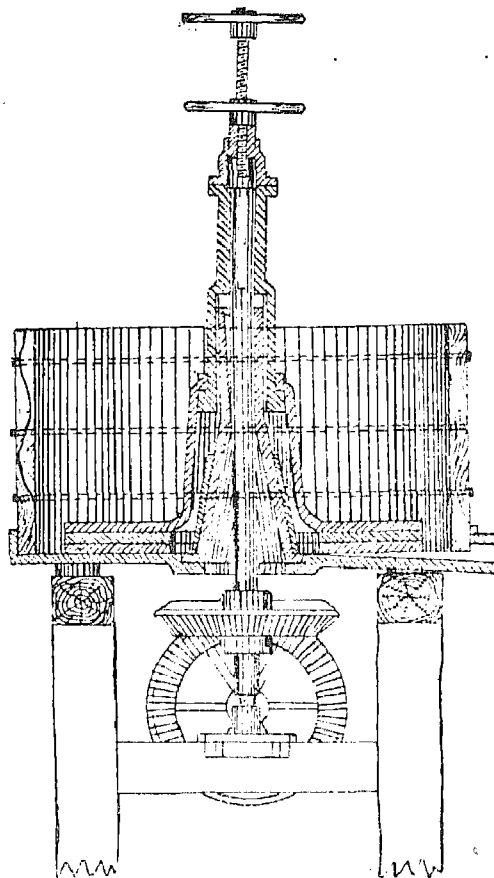
د) گرما دادن ملقمه دربوته مخصوص وباز یافتن جیوه و در آوردن طلا بشکل رسوب سیاه .

ه) ـ گداختن رسوب سیاه بامواد گداز آورمناسب ودر آوردن طلا بصورت شمش

اینك بشرح هريك ازمراحل نامبرده دربالامی پردازیم .

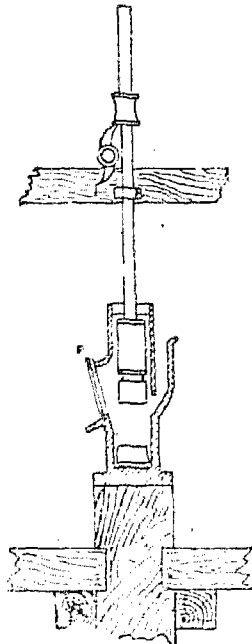
الف) شکاندن وخورد کردن ـ عملیات شکاندن ، خورد کردن ودر آوردن مواد اولیه وسنگهای معدنی بشکل گرد اولین مرحله ایست که درهرطریقه استخراج طلا باید انجام شود؛زیرا ابتداء باید ذرات طلا را ازسنگ مادری جدا نموده وآزاد ساخت و بعداً باستخراج آن پرداخت . پس از آنکه سنگهای معدنی را بوسیله سوراخ کردن با چکش های هوای متراکم ومنفجر نمودن بادینامیت بقطعات قابل حمل درآوردند آنها را درماشینهای سنگ شکن خواه ازنوع فکی وخواه ازنوع مخروطی و دورانی (فصل هشتم) ریخته وبقطعات وتیکه‌های کوچك بقطر ۲ ـ ۵ سانتی متر درمی‌آورند سپس قطعات شکسته شده رابه‌ماشینهای‌خورد کن؛بازخواه‌ازنوع «تر» یاازنوع «خشك» فرستاده ومواد اولیه را خورد کرده وباندازه دانه خشخاش درمیآورند .

مهمترین ماشینهای سنگ شکن عبارتند ازماشین Blake و Symmons و آسیاهای خورد کن که بیش ازهرماشین دیگری دراستخراج طلا ونقره بکار میروند عبارتند ازهاونهای‌میکانیکی موسوم به Stamp Mill که بفرانسه به Brocard معروف‌اند . هاون‌میکانیکی ازیك‌هاون‌چدنی‌ضخیم که‌درون آن ازصفحات‌پولاد کروم یامانگانیز دارپوشش یافته وروی یك اساس‌بتون‌مسلح بسیار محکمی‌ساخته شده‌است ودارای یك یا چند دسته هاون میباشد تشکیل شده است . دسته های هاون متصل به

زبانه وزبانه از طرفی بوسیلهٔ میلهٔ باچرخ دنده بحرکت درمیآید. هردسته دریك دقیقه درحدود ۱۰۰ مرتبه ازارتفاع ۱۵ـ۲۵ سانتی متر بداخل هاون کوبیده شده و مواد را خورد وخاکشیر وارمیسازد . هاونهای بزرگ که دارای پنج دسته میباشند، دسته ها با نظم وترتیب معینی بالا وپائین میروند . نظم معمولی عبارت است از ۱ ـ ٤ ـ ۲ ـ ٥ ـ ۳ یعنی اول دسته اولی بالا میرود بعد چهارمی پائین میافتدو پنجمی بالامیرودوسومی پائین میافتد بقسمیکه یك تعادلی درداخل هاون و بین امواج و نیروئیکه درنتیجه ضربات متوالی ومستمر بوجود میآید برقرار میباشد. بلافاصله درجلوی بدنه هاون، یك شبکه توری

(شکل ۲۰۲) اسیاء کوچك «ملقمه»

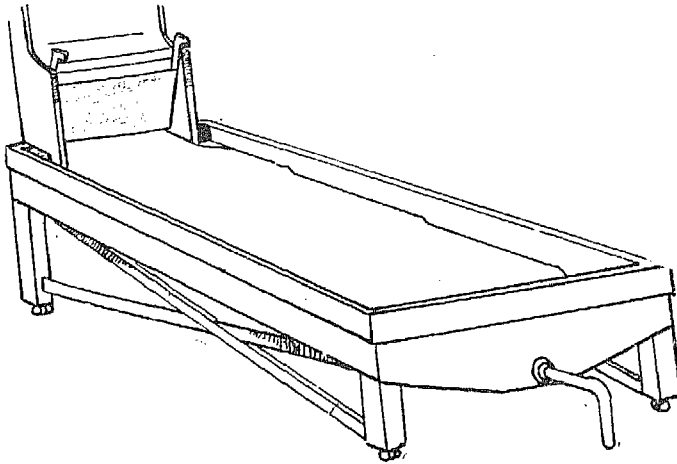
فلزی کارگذارده شده ومواد خورد شده که ریزتر از سوراخ تورشبکه میباشند دراثر

ضربات دسته ها با فشار ازدرون سوراخها خارج شده وروی میز ملقمه سرازیر میگردند ذرات درشت تر البته پس ازتصادم باتور. بدرون هاون برگشته وخورد شده تا اینکه باندازه مناسب برسند. موادیکه بدینقسم درآب خورد میشوند وبالطبع بشکل گل ولای درمیآیند دراصطلاح به پولپ Pulp موسوم اند.

(شکل ۲۰۳) هاون میکانیکی برای خورد کردن مواد اولیه طلا

ملقمه (Amalgam) ـ میل ترکیبی جیوه با طلا زیاد ووقتیکه طلا بصورت ذرات ریز وآزاد باشد میتوان آنرا بآسانی در جیوه جمع نمود و بشکل مخلوطی در آورد که در اصطلاح ملقمه یا «اما لگام» معروف است. سنگ های معدنی طلا دارکه درهاون میکانیکی پس از خورد شدن بشکل پولپ بیرون میآیند، چون به قطر ۰/۱۵۰ ـ ۰/۰۴۲ میلیمتر بوده میتوانند بآسانی با جیوه ترکیب ملقمه بدهند. عمل ملقمه معمولا روی میز ویادربعضی ازهاونهای کوچك ووسایل خورد کردن «تر» انجام میگیرد.

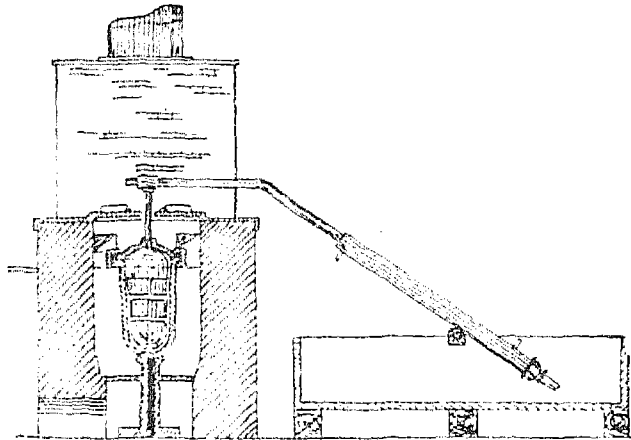
میز ملقمه ـ میز ملقمه را متصل بدستگاه هاون میکانیکی (Stamp Mill) قرار داده تا اینکه مواد خورد و نرم شده که در نتیجه ضربات دسته هـای هاون از سوراخهای شبکه توری بیرون میجهند روی سطح میز ملقمه سرازیر شده وطلای خودرا به جیوه داده و با آن تولید ملقمه بنمایند. عرض میز معمولا برابر طول هاون وطول میز نسبت به ظرفیت دستگاه بین ۲/۵ ـ ۶/۵ متر تغییر میکند وآنرا با یك شیب ملایمی ۴ ـ ۱۵٪ روی پایه های چوبی یا فلزی مستقر میسازند تا اینکه پولپ بسهولت وبدون مانع، روی آن جاری شود. بدنه اصلی میزرا ازالوار کلفت تختهٔ ولی روی آن را از صفحات نازك مس خالص یا نقره ویامسیکه روی آن آب نقره داده شده باشد میپوشانند

قبل از گذاشتن صفحات مس روی میز باید بوسیله کاغذ سمباده سطوح آنها را کاملا شفاف وصیقلی نمود، روغن وچربی آنهارا گرفت وسپس مقداری جیوه را با کارور دامونیم ویا سیانور پتاسیم مخلوط کرده داخل پوست جیر نموده و با آن روی سطح فلزی میز را مالش داد . بعد از آن قدری ملقمه نقره روی آن مالید و بدینقسم سطح میز را آماده برای ملقمه نمودن ساخت .

شرح عمل ـ صفحات مسی را بترتیبی که ذکر شد تهیه نموده ، روی میز ملقمه قرارداده ومواد اولیه طلا دار که در درون هاون بشکل پولپ درآمده است از روی

میز ملقمه [AMALGAMATION]

(شکل ٢٠٤) میز ملقمه دراستخراج طلا

میز بجریان میاندازند . ذرات طلای آزاد باجیوه تولید ملقمه نموده و درنتیجه روی سطح میز لکه های سیاه و کدری بوجودمیآورند . پس ازچندی جریان را متوقف ساخته و روی سطح میزرا بوسیله چاقو ویاتیغه ای می تراشند ولکه های سیاه را برداشته ودرپارچه پتو یا جیرمانندی جمع میکنند . مجدداً مقداری جیوه روی میز ریخته وپولپ رابجریان میاندازند، تا باز ملقمه صورت گیرد . مقدارآب پولپ باید طوری باشد که روی میز همیشه تر بشود وهیچ قسمتی از آن خشك نماند . درعمل ملقمه، مقدار جیوه ایکه مفقود میشود ویا هدر میرود نسبتاً زیاد است ودرحدود ١٠ ـ ٣٠ گرام درهریك تن پولپ

است . قسمت اعظم جیوه در اثر ناخوش شدن آن از بین میرود، زیرا وقتیکه جیوه بصورت ذرات بسیار ریز در آید که نتواند دیگر ذرات طلا را درخود نگاه دارد و با خود بگیرد و بسطح میز ملقمه به چسباند آنگاه جیوه «ناخوش» شده است . علت ناخوش شدن جیوه وجود چربی وروغن است که در پولپ اتفاقاً ریخته میشود و آنرا آلوده میسازد. وقتیکه ملقمه بمقدار کافی جمع شد آنرا درپارچه جیری قرار داده وبوسیله فشار، جیوه آزاد وزیادیرا بیرون میآورند،وخاك یا رسوب سیاهی که باقی میماند در بوته چدنی که متصل به لوله تقطیر جیوه میباشد قرارداده،حرارت داده تا اینکه جیوه باقی مانده تبخیر شده و بوسیله تقطیر بدست آید تا مجدداً استعمال شود .

(شکل ۲۰۵) بوته تقطیر «ملقمه»

آنچه که در بوته پس از برطرف نمودن جیوه باقی میماند همبسته طلا و نقره بوده که پس از مخلوط کردن بامقداری بوراکس در بوته دیگری گداخته، کثافات و ناخالصیهای آنرا بصورت سرباره درآورده و طلا و نقره را بشکل شمش میریزند که بعداً جهت ارزش حقیقی ، آنها را ازیکدیگر جدا میکنند .

استخراج طلا بوسیله ملقمه طریقه بسیار قدیمی است و بازده خوبی ندارد زیرا ازکلیه طلای موجود درموادمعدنی حتی در بهترین شرایط نمیتوان بیش از ۵۰٪ آنرا استخراج نمود و بقیه تلف میشود؛ از این جهت امروز در کلیه معادن طلا طریقه سیانوراسیون معمول ومتداول گردیده وطریقه ملقمه را فقط درحین جریان عمل برای

باز یافتن ذرات درشت طلا درمقابل دستگاه هاون میکانیکی یاوسایل نرم کن دیگر بکار میبرند ولی قسمت اعظم طلا را بوسیله سیانوراسیون بدست میآورند . مهمترین عوامل مفقود شدن طلا وتلف شدن آن درطریقه ملقمه عبارتند از :

۱ ـ طلائیکه بصورت ذرات بسیار بسیار ریزروی سطح آب شناور گشته و با آب پولپ خارج میشود .

۲ ـ ذرات طلاکه ازاکسید آهن پوشیده شده وبا جیوه تولید ملقمه ننموده و تلف میگردد .

۳ ـ جیوه ناخوش شده مقداری طلا رابا خود میبرد که دیگر بدست نمیآید .

٤ ـ ازبین رفتن وگم شدن قطعات کوچك ملقمه دراثر اهمال درحین تراشیدن آنها ازسطح میز ملقمه .

۵ ـ گم شدن طلا بامواد معدنی سولفور ویا تلور که احتمالا در مواد اولیه طلا وجود دارند .

٦ ـ طلائیکه دربقیه پولپ همچنان باقی میماند بوسیله عمل ملقمه گرفته نمیشود .

۴ ـ طریقه سیانوراسیون (۱)

مهمترین وتازه ترین روش استخراج طلا از مواد معدنی روش سیانور اسیون میباشد که در ۱۸۸۹ میلادی بوسیله McArthur وForrest اکتشاف گردیده و در یکی ازمعادن زلاند جدید بمرحله عمل گذارده شد . روش نامبرده ابتداء برای بدست آوردن طلائیکه درموادمعدنی پس از ملقمه باقی مانده بود بکاررفت وچون نتایج حاصله بسیار رضایت بخش بود لذا استعمال آن بمنظور استخراج تمام طلای موجود درمواد معدنی بکاررفت ودرفاصله کوتاهی درکلیه معادن طلا واز همه مهمتر درمعادن افریقای جنوبی باندازه‌ای معمول و متداول گشت که تمام طرق دیگر را متروك نمود . امروز طریقه سیانوراسیون یگانه روش استخراج طلا میباشد که درتمام معادن بزرگ دنیا معمول است؛ درصورتیکه طریقه ملقمه یکی از مراحل استخراج در این طریقه اصلی بشمارمیرود .

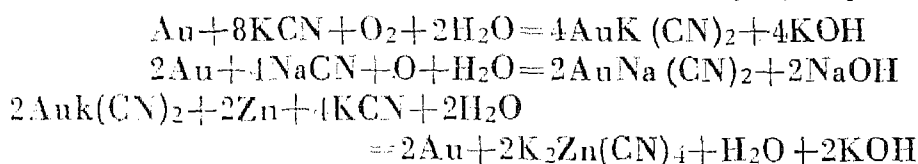
The Cyanidation Process – ۱

اصول شیمیائی - طریقه سیانوراسیون بسیار ساده وعبارت است ازحل کردن مواد طلا دار خورد شده درمحلول رقیق سیانورپتاسیم یاسیانور.سودیم که غلظت آن آن کمتراز ۰.۱٪ باشد، ودر آوردن طلا بصورت محلول مضاعف سیانور. سپس رسوب دادن طلا ونقره ازمحلول مزبور بوسیله براده روی و درآوردن آنها بشکل رسوب سیاه؛بعداً رسوب نامبرده را باموادگداز آورمناسبی مخلوط کرده ،گرما داده وپس از گداختن،طلا و نقره را بشکل شمش درمیآورند .فعل‌وانفعالات شیمیائی که درعملیات بالا صورت میگیرند از اینقرارند :

$$Au + 8KCN + O_2 + 2H_2O = 4AuK(CN)_2 + 4KOH$$

$$2Au + 4NaCN + O + H_2O = 2AuNa(CN)_2 + 2NaOH$$

$$2Auk(CN)_2 + 2Zn + 4KCN + 2H_2O$$

$$= 2Au + 2K_2Zn(CN)_4 + H_2O + 2KOH$$

استخراج طلا درروش سیانوراسیون شامل این مراحل میگردد .

۱ - تهیه مواد اولیه طلا دار یعنی شکاندن ؛ خورد کردن ؛ نرم کردن و جدا نمودن آنها بصورت شن وماسه

۲ - شستن طلا ازشن بوسیله عمل پرکلاسیون Percolation

۳ - شستن طلا ازماسه ومواد لجن وار بوسیله حل کردن درمحلول رقیق سیانور پتاسیم یا سدیم بطریقه اجیتاسیون Agitation

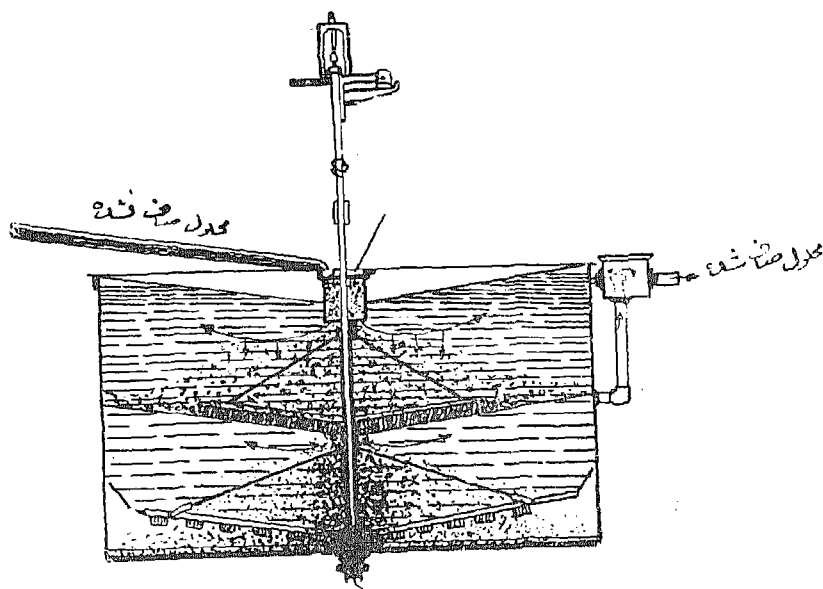
٤ - صاف نمودن محلول طلا دار ازمواد غیر قابل حل درهردوطریقه بالا

۵ - رسوب دادن طلاازمحلول مضاعف سیانورطلا وپتاسیم یاسودیم ودرآوردن آن بصورت رسوب سیاه

٦ - گداز رسوب مزبور با موادگدازآور مناسب وتصفیه طلا و درآوردن آن بشکل شمش

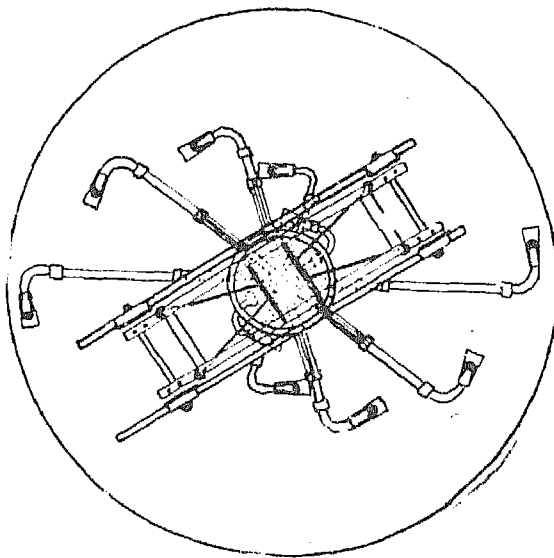
اینك بشرح هریك ازمراحل نامبرده دربالامیپردازیم .

۱ - تهیه مواد اولیه - مقدار ودرجه تهیه مواد اولیه طلا دار بمنظوراستخراج این فلز گرانبها بستگی بنوع و جنس مواد معدنی ؛ حالت تقسیم وپراکنده گی طلا در این مواد را دارد؛زیرا دربعضی سنگهای معدنی،طلا بشکل ذرات درشت و فلس یافت

میشود و سنگ های اصلی دارای خلل و فرج زیادی بوده بقسمیکه مایع سیانور میتواند بسهولت بدرون آنها نفوذ کرده وذرات طلا را درخود حل نماید. البته اینگونه سنگهای معدنی احتیاج بخورد کردن زیاد ندارند؛ واگر ذرات خورد شده بطورمتوسط بقطر ۰/۵۰ میلیمتر یا (۳۰ مش) باشند،عمل استخراج بطوررضایت بخشی انجام خواهد گرفت؛ولی درسنگهای معدنی دیگر، که طلا بشکل ذرات بسیار ریز و ذره‌بینی بوجود آمده و جنس سنگ اصلی طوری سخت و فشرده است که محلول سیانور نمیتواند بسهولت بدرون آن رخنه کند وطلا را حل نماید،عمل خورد وریز کردن باید بیشترادامه‌داده شود تااینکه قطرمتوسط ذرات خوردشده‌به ۰/۱۵ میلیمتر

(شکل ۲۰۶) مخزن پر کولاسیون

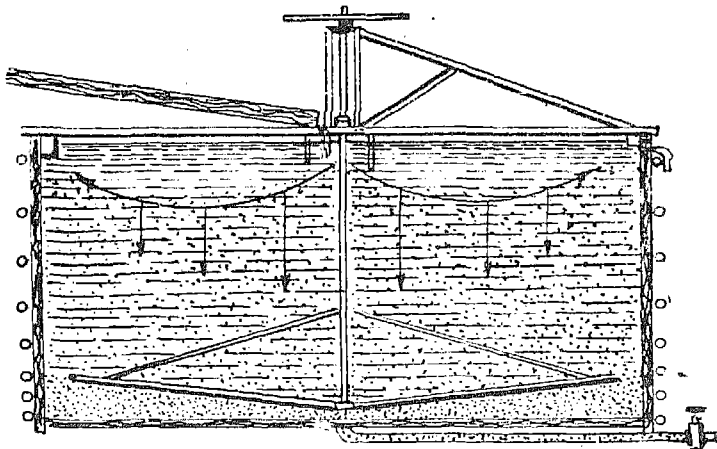
یا (۲۰۰ مش) برسد؛ درهرحال ابتدا مواد اولیه را دریك نوع ماشین سنگ شکن ریخته و بقطعات کوچك درآورده وبعداً در هاون ویا در آسیا های میکانیکی ازنوع میله‌ای یاگلوله وکره‌ای،نرم کرده تااینکه قطرمتوسط ذرات به یك دهم میلیمتر برسد. دراین حال مواد خورد وریزشده را ازدستگاه تقسیم کننده classification عبور

داده و به درشت وریز ، یاشن ولجن ، تقسیم مینمایند. سپس نوع درشت یعنی شن را بوسیله عمل پرکلاسیون ونوع ریز یعنی ماسه رابوسیله عمل اجیتاسیون در محلول رقیق سیانور پتاسیم حل نموده وطلای موجود رابصورت محلول مضاعف سیانوردرمیآورند.

۲ ـ شستن طلا از شن بوسیله پرکلاسیون (Percolation) ـ ذرات درشت که ازهاون یاآسیا های میکانیکی بیرون میآیند به «شن» موسوم، وپس ازجدا نمودن شن ازلجن ، آنرا بداخل مخازن یا حوض های بزرگی که از صفحات پولادی یا الوار تخته ساخته شده و درته آنها یك نوع صافی کار گذارده شده انتقال میدهند . مخازن یا حوضهای پرکلاسیون را معمولا ازقطعات پولاد بهم پرچ شده ویا اینکه ازتخته میسازند والبته هریك دارای مزایای بخصوصی میباشد . کف حوض که عمل صافی را انجام میدهد ازالوارهای کلفت بعرض وضخامت ۷/۵ سانتی متر تشکیل شده و روی آنها یك طبقه حصیر برگ خرما، بابرك نارگیل ویا پارچه کرباس محکمی میگسترانند . در وسط یا مرکز قاعده، زیرآب حوض را قرارداده تا ازاین مجرا محلول مضاعف سیانورطلا و

(شکل ۲۰۷) آلت توزیع وهم زدن شن وماسه درمخزن

پتاسیم صاف شده، از حوض خارج شده وبحوض دیگریا دستگاه دیگری منتقل شود .

ابعاد مخازن یا حوضها برحسب حجم کار و ظرفیت کارخانه بین ۵ ـ ۱۶/۵ متر

قطر ؛ و ۵ر۱ ـ ۳ متر ارتفاع، تغییر میکند مواد اولیه طلا دار که در ماشینهای گرد کن بشکل پولپ (Pulp) درآمده با مقداری استات سرب (۲۰۰ گرام در تن) و آهك خورد شده (۲ کیلوگرام در تن) وسیانور پتاسیم یا سودیم که اندازه آن در کلیه محلول از ۰/۲۵ ٪ تجاوز نکند، مخلوط کرده و بداخل حوضهای پرکلاسیون که در اشکال (۲۰۶) و (۲۰۸) دیده میشوند میفرستند . در اینجا بوسیله آلت توزیع و هم زدن که بدان متصل است شکل (۲۰۷) مواد را خوب بهم زده تا اینکه سیانور پتاسیم بتواند تمام ذرات طلای موجود را در خود حل نماید، و آهك املاح اسیدی را خنثی سازد و مانع اتلاف سیانور گردد . یك یا دو روز بعد زیر آب مخزن را باز کرده و بتدریج محلول سیانور طلا دار را از حوض

(شکل ۲۰۸) مخزن غلیظ کننده مواد شسته شده نوع دور "Dorr"

خارج کرده و بحوض دیگری منتقل میسازند و این حوض را مجدداً از محلول رقیق تر سیانور و آب پر کرده و بهم زده تا اینکه طلای باقی مانده بوسیله این محلول شسته شود و بدرون آن رود .

این عملیات برحسب عیار طلا در مواد اولیه، بین ۱۲ ـ ۱۸ روز ادامه دارد. بعضی اوقات نظر بوجود کاولن ، سیلیس و ترکیبات آلومینیم دار در داخل حوض ، یك ماده چسبنده (ژاله مانندی) پیدا میشود که عمل صاف شدن را بطی میسازد و طبعاً مدت زیادتری لازم دارد .

پس از آنکه محلول صاف شده سیانور طلا دار بمقدار کافی جمع گردید، محلول

مادر[۱] راازصند وقهائیکه درون آنهابراده روی قراردارد عبورداده ، طلاونقره موجود را بشکل رسوب سیاهی ته نشین ساخته وطبق دستوراتیکه بعداًداده خواهد شدطلا ونقره را بصورت شمش درمی آورند .

شن و مواد خاکی را که در حوض باقی میمانند ابتداء غلیظ کرده،رسوب داده و بعداً بوسیله پارویا بیلهای میکانیکی بصورت گل ولای خارج کرده ودر کناری انباشته وحوض را دومرتبه از مواد تازه پر کرده وبازهمین عمل را تکرارمیکنند .

شستن طلا از شن وذرات درشت بطریقیکه ذکر شد در بسیاری از کارخانجات ومعادن متروك شده است،زیرا اصول اقتصاد وصرفهٔ چنین تقاضا میکندکه تمام مواد اولیه وسنگهای معدنی طلا دار رایکدفعه خورد وریز کرده تا تماماً بصورت ماسه ولجن درآیند وآنگاه عناصر قیمتی را ازلجن بطریقهٔ اجیتاسیون بدست آورند . روش مزبور بطریقه تمام لجن یا بااصطلاح All - Sliming معروف میباشد

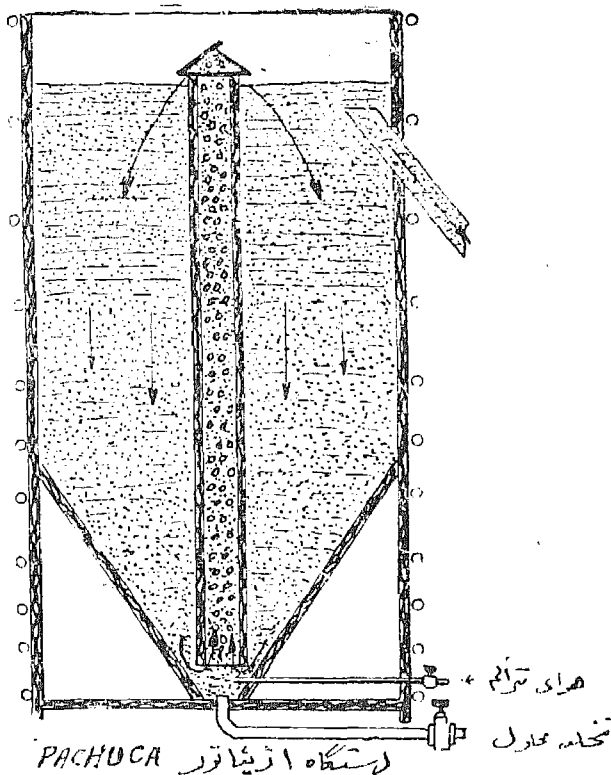
۳ ـ شستن طلا از ماسه و مواد لجن دار بطریق اجیتاسیون

معمولا واژهٔ لجن بموادخوردو نرم شده درآب اطلاق میشود کهقطرمتوسط دانههای آنهاکمتر ازیك دهم میلیمتر باشد، البتهاین مواد درآب بسهولت ته نشین نشده وکم و بیش بحالت کلوئیدال (Colloidal) درمیآیند.

اینگونه مواد را نمیتوان بطریق صاف کردن طبیعی و پر کلا سیون در محلول سیانورحل نمود ، زیرا حل شدن ذرات طلا درسیانور بایدبوسیله تکان دادن وبهمزدن وبه هیجان درآوردن (Agitation) انجام گیرد،وبعداًمواد خاکی وغیرهقابلحل را بوسیله فشار یا تولید خلاء و مکش ازمحلول سیانور طلا دار جدا نمود . برای اینکه ذرارت طلاکه درمواد لجن وارموجوداندزودتر درمحلول سیانور حل شوند پولپ رادر مخازن عمودی استوانهای که قاعده آنهامخروطی شکل بوده ریخته و ازقسمت تحتانی بادمتراکم بدرون پولپ دمیده بدینوسیله مواد را بحرکت وهیجان درمیآورند .بهترین مخازنی که درطریقه اجیتاسیون بکار میروند مخازنی موسوم به پاچوکا Pachuca بوده که ازیك استوانه پولادی بقطر ۳ وارتفاع ۱۲ متر ساخته شدهاند . قسمت نزدیك قاعده را مخروطی شکل میکنند تا اینکه محتویات مخزن زودتر و آسان تر خالی گردد . در مرکز استوانه یك لولهٔ کار گذارده شده که از درون آن هوای متراکم

---
۱ – Mother Liquor

دمیده میشود و پولپ راازداخل لوله ازپائین ببالابرده‌ومواد‌مثل‌اینکه‌ازفواره‌ای‌خارج میگردند، باطراف و درون مخزن ریزش کرده‌وتهویه میشوند .

عمل دمیدن هواواجیتاسیون مواد مدت۱۲ ـ ۲۴ ساعت برحسب ظرفیت‌مخزن ونوع مواد اولیه طلا دار ادامه دارد. بعد از خاتمه عملیات، پولپ را از قسمت تحتانی مخزن خارج کرده و برای جداکردن محلول سیانور طلا ازمواد غیرقابل حل وخاکی ازصافیهای میکانیکی عبور داده ومحلول زلال طلا داررا بمخزن دیگری جهت عملیات بعدی میفرستند . صافیهای میکانیکی که بدین منظور بکارمیروند بسیار متنوع‌ومعروف ترین انواع آنها عبارتند از صافیهای مدورگردان Kelly و Merrill و Dlrrcl و Oliver وغیره . البته انتخاب یك نوع صافی بستگی بشرایط محلی و جنس مواد اولیه وعوامل دیگر دارد ونمیتوان یك نوع صافی را برای هرکاری بکاربرد .

(شکل ۲۰۹) دستگاه اژیتاتور «پاچوکا»

٤ ـ رسوب دادن طلا از محلول سیانور طلا ـ محلول سیانور مضاعف طلا که از صافیهای میکانیکی خارج میگردد باید کاملا صاف وزلال باشد ومواد معلقه و کثافات نداشته باشد والا هزینه عملیات بعدیرا بالا برده و از ارزش طلائیکه بدست میآید میکاهد . البته چون ممکن است درحین عملیات صاف کردن اتفاقی رخ دهد ومقداری مواد معلقه وصاف نشده وارد محلول سیانور طلا دار صاف شده بشود، ازاین جهت قبل ازرسوب دادن طلا ازمحلول «مادری»،محلول را به حوضچه هائیکه محتوی شن تمیز شده میباشند فرستاده وازلابلای آنها عبورمیدهند .این صافیها عیناً مانند صافیهائی است که در تصفیه آب آشامیدنی شهر ها بکارمیرود ودراینجا همان عمل نیزانجام میگیرد .

رسوب دادن بابراده روی - برای رسوب دادن طلا از محلول مضاعف سیانور فلز روی را بصورت براده ونوار بسیار باریك ونازك بكار میبرند و فعل و انفعالیكه وقوع مییابد ازاین قراراست :

$$AuK(CN)_2+2KCN+Zn+H_2O=K_2Zn(CN)_4+Au+H+KOH$$

درمحلول مادری باید درحدود ۰/۰۳٪ (KCN)یا(NaCN)آزادموجودباشد واگرسیانورآزادکمتر ازاین مقدار باشد؛باید اندازه آن تعدیل گردد . تجربه نشان داده است که استات سرب کمك مؤثری در رسوب دادن طلا از محلول مادری میکند وبدین لحاظ براده روی را قبل از استعمال در محلول استات سرب فرو میبرند که از این نمك آغشته شود . براده روی را درصندوقهای فازی لعابدار که روی پله کانهائی جای گرفته وبصورت ابشاری Cascade درآمده اند گذاشته ومحلول مادری سیانور را از بالاترین صندوق بجریان انداخته تامحلول ازصندوق بصندوق بعدی جاری شده وازصندوق تحتانی بوسیله تلمبه دومرتبه بالا برده شده و باز از صندوق بالائی بطرف پائین سرازیر گردد .

جریان محلول مادری، درصندوقها مدت چهار الی شش روز ادامه دارد تااینکه آزمایش نشان دهد که دیگر طلا رسوب نمیکند ؛ دراینصورت جریان را متوقف ساخته ودرعوض،آب داخل صندوقها وارد کرده که مانع حل شدن مجدد طلا وبرگشتن آن بترکیب سیانور مضاعف اصلی بشود . سپس براده‌های روی را از هرصندوقی بوسیله دست بیرون آورده ولی درحین بیرون آوردن خوب تکان داده تا ذرات و رسوبات

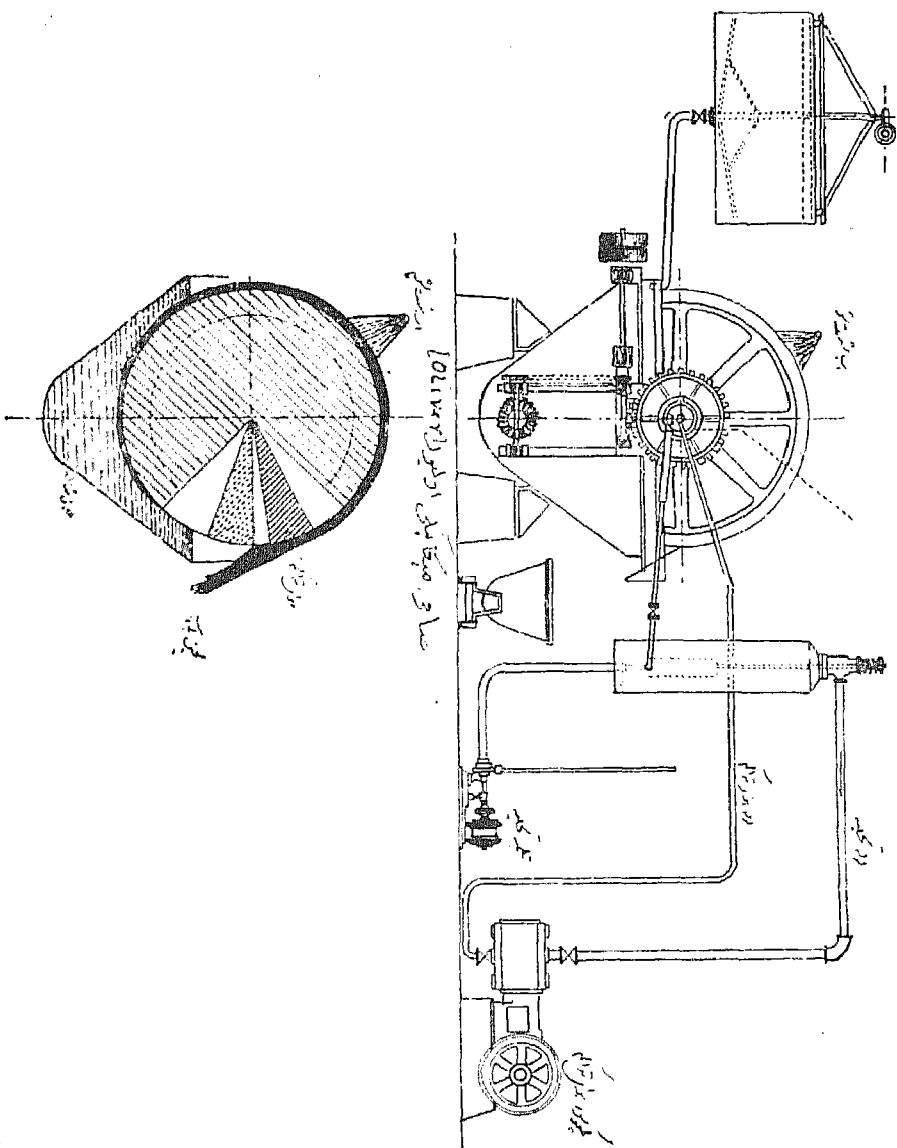
چسبیده جدا شده وبرسوبات اصلی ملحق گردند . رسوبات راازته هرصندوقی بوسیله مجرائی که متصل بکف آن میباشد بیرون آورده و تمام را در یک ظرف لعاب دار دیگری جمع میکنند؛ بعداً صندوقها را باآب شسته و براده های‌روی‌را دومرتبه‌درون آنها تکان داده تاهرگونه ذرات چسبیدهٔ بکلی جدا شوند . اینعمل دویا سه مرتبه تکرارمیشود تا اینکه براده روی‌کاملاپاك شود . حال آنها را منتقل بظرف فلزی‌لعاب داری که محتوی اسیدسولفوریك میباشد انتقال داده ، روی حل شده وبشکل سولفات روی ته نشین شده وعایعیکه ممکن‌است مقداری طلادربرداشته باشد با رسوبات‌قبلی مخلوط نموده،صاف کرده ودرکورهٔ خشك کرده و بطریقیکه ذکر خواهد شد گداخته وتصفیه مینمایند .

رسوب دادن طلا ازمحلول سیانور مضاعف طلا وپتاسیم یا سودیم ممکن است بطریقه مریل (Merrill) انجام گیرد . دراین طریقه،بجای براده‌روی،گردروی بکار میرود . روی فلزیرا در ماشینهای مخصوصی خورد وریزکرده و بشکل گرد بسیار نرم وریزی درآورده وپس ازمخلوط کردن بامقداری محلول مادری طلا ودرآوردن آن به صورت‌شیره، آنرا بدرون محلول اصلی با فشارتزریق میکنند وطلا را فوراً رسوب میدهند . مزیت این طریقه دراین است که : اولا طلا زودتر و آسانتر رسوب شده ته نشین میگردد وافت طلا ومصرف روی بمراتب کمتر خواهدبود . در عوض روی چه‌بشکل‌براده‌ونواربار یك‌وچه‌بصورت گرد،عوامل‌احیاء‌کننده‌دیگری ازقبیل‌آلومینیم وزغال چوب نیزبکار میروندولی‌فلزروی ازهمه‌آنها معمول ترومتداول ترمیباشد .

کلیهٔ رسوب دادن طلا ازمحلول مادری وقتی رضایت بخش وکامل است کـه‌شرایط نامبرده درزیر رعایت شوند :

الف) محلول سیانور مضاعف طلا وپتاسیم نباید محتوی مواد معلقه وغیر قـابل حل باشند .

ب) درمحلول سیانور مضاعف طلا وپتاسیم باید بقدرکافی سیانور آزاد موجود بـاشد .

ج) مواد قلیائی‌آزاد بقدرکافی موجود باشد .

(شکل ۲۱۰) دستگاه‌صافی میکانیکی از نوع اولیور (OliverFilter)

د) املاح عناصری مانند مس و آهن وجود نداشته باشند .

ه) جریان محلول مادری درصندوقها یکنواخت وموزون باشد .

و) مقدار روی بمنظور رسوب دادن طلای موجود کافی باشد.

ز) براده یا نوار روی باید پاك و تمیز باشد وسطوح آن از املاحی مانند $Zn(OH)_2$ و$Zn(CN)_2$ و$ZnFe(CN)_4$ پوشیده نباشد.

۶ ـ گداز رسوبات و بدست آوردن طلا بصورت شمش ـ چون رسوبات طلا ممکن است تا حدود ۴۰٪ رطوبت و آب داشته باشند، ازاین جهت قبل ازاقدام بعملیات گداز باید آنها را خشك کرد . این عمل ساده ممکن است در کوره الکتریکی ویا کوره موفل صورت گیرد . معمولا رسوبات را درسینی وتشتهائی بابعاد ۱۰×۱۰×۵ سانتی متر ریخته ودریکی ازکوره هائیکه ذکرشد بتدریج گرما داده تا اینکه کلیه آب محتوی تبخیرشده ورسوبات خشك شوند . پس ازخشك کردن ، طلا را بیکی از روشهائیکه ذکر خواهند شد استخراج مینمایند .

۱ ـ گدازمستقیم ۲ـ گداز پس از تشویه و تکلیس ۳ـ حل کردن رسوبات در اسیدهای کلوریدریك وسولفوریك و گدازمواد غیرقابل حل .

انتخاب هریك ازروشهای نامبرده بستگی بعیار طلا دررسوبات و ناخالصیهای فلزی که همراه میباشنددارد .

۱ ـ گداز مستقیم ـ رسوبات خشك شده را با مقداری بوراکس و کربنات دوسود و نیترات دوسود وقدری سیلیس به نسبتهائیکه مطابق و برابر مقادیر درصد عناصر متشکله مواد رسوب شده است میباشند مخلوط کرده ودربوته گرافیتی قرار داده و درجه گرما را متدرجاً بالابرده تا اینکه مخلوط گداخته شده وبحالت مایع درآید . پس از اینکه مخلوط مایع ازجوش وخروش افتاد وساکت گردید سرباره را برطرف نموده و مایع فلزیرا درقالب ریخته وبشکل شمش یا باصطلاح (Bullion) درمیآورند .این طرزاستخراج مناسب رسوباتی است که درمحتوی طلاونقره بسیارغنی بوده وناخالصیهای فلزی ازقبیل سرب ـ مس وروی که درعمل گداز اختلال میکنند موجود نباشند .

۲ ـ گداز غیرمستقیم ـ رسوبات طلاکه محتوی ناخالصیهای فلزی و مخصوصاً

روی میباشند باید ابتداء با مقداری نیترات دوسود مخلوط کرد و در سینی و یا ظرفی بابعاد ۱۰×۱۰×۵ سانتی متر درکوره موفل گرما داد تا اندکی سرخ شوند. بدینطریق کلیه روی محتوی تبخیر و متصاعد گشته و ازبین میرود. سپس مواد تشویه شده را بامقداری مواد گداز آور مانند بوراکس؛ کربنات دوسود؛ نیترات دو سود و سیلیس مخلوط نموده ومانند بالا دربوته گرافیتی گداخته و قسمت فلزی را بشکل شمش بدست میآورند.

۳ـ حل کردن رسوبات دراسید ـ چون اغلب رسوبات طلا که ازطریقه سیانوراسیون حاصل میگردند محتوی ناخالصیهای زیادی میباشند لذا این طریقه بیش ازطرق دیگر دراستخراج طلا استعمال میشود؛ زیرا بعضی از فلزات موجود مانند مس و نیکل وغیره را نمیتوان بوسیله گداز مستقیم و یا تشویه و گداز برطرف نمود وخواهی نخواهی داخل شمش طلا شده واز ارزش وعیار آن میکاهند.

بدین لحاظ رسوبات را در همان حال تر و مرطوب بدرون یك خمرهٔ و یا یك مخزن چوبی که درون آن از صفحات سربی پوشیده شده است انتقال داده و با اسید سولفوریك (H_2SO_4) مخلوط کرده تا اینکه فلزات سنگین ومعمولی را درخود حل نماید. محلول را درخمرهٔ کاملا بهم زده ودر بعضی موارد قدری بخار آب بدرون آن تزریق کرده تافعل وانفعالات سریعتر صورت گیرند. پس ازاینکه اثرات اسید متوقف گردید خمره را ازآب پرکرده، بهم زده ومدتی آرام نگاه میدارند تا اینکه مواد غیر قابل حل رسوب نموده وته نشین شوند. سپس مایع روئی را بوسیله سیفونی (Syphon) بظرف دیگری منتقل نمود؛ ورسوبات را باآب چند دفعه شسته وازصافی عبورداده، خشك کرده وطبق دستورات (۲) دربالا گداخته وطلای محتوی را بشکل شمش درمیآوند

۷ ـ تصفیه شمش طلا ـ شمش طلائیکه از طرق نامبرده در بالا حاصل میشود ناخالص بوده ودر شرایط معمولی محتوی ۷۵۰ـ۹۸۵ در هزار طلا بیش ندارد و بقیه نقره؛ روی، مس، سرب وفلزات دیگر میباشند. البته برای اینکه درجه خلوص طلا بیشتر گردد وشمش ازطلای خالص ترکیب شود باید آنرا بیکی ازطرق زیر تصفیه نمود.

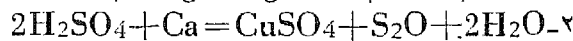
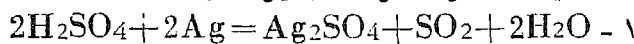
۱ ـ تصفیه طلا با اسید سولفوریك ۲ ـ تصفیه طلا با اسید نیتریك

۳ ـ تصفیه‌طلا بوسیله الکترولیز ۴ ـ تصفیه طلا باگاز کلر . اینك شرح هریك :

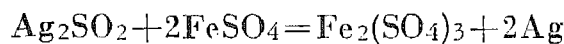
۱ ـ تصفیه طلا با اسید سولفوریك ـ جدا کردن طلاونقره و بعضی فلزات دیگر بوسیله اسیدسولفوریك معمولا برای شمش هائی بکارمیرودکه محتوی ۱/۵ ـ ۲قسمت نقره ویك قسمت طلا میباشند واگر درمواردی محتوی نقره کمتر از این مقدار باشد باید مقداری نقره‌ازخارج بدان‌اضافه‌نمود تااین نسبت برقرارگردد وسپس‌اقدام بتصفیه نمود . بعلاوه مقدار مس محتوی نباید از ۱۰٪ تجاوز کند .

شمش طلای ناخالص را دربوته‌گداخته ویابشکل ورق های نازك درآورده ویا فوراً درآب ریخته وبصورت دانه وحب ساخته و بعداً به یك ظرف چدنی که محتوی اسید سولفوریك بوزن مخصوص ۱/۸۲میباشد انتقال‌میدهند.ظرف را با سرپوشی بسته وبخارات اسیدی را بوسیله مجرائی بدودکش روانه میسازند تا آسیبی بکارگران نرسد . فعل وانفعالاتیکه درظرف صورت میگیرند عبارتند از :

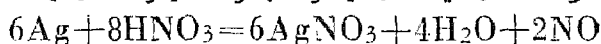
$$2H_2SO_4 + 2Ag = Ag_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O \quad \text{- ۱}$$

$$2H_2SO_4 + Ca = CuSO_4 + S_2O + 2H_2O \quad \text{- ۲}$$

نقره‌ومس‌وفلزات دیگر که اسیدنامبرده روی‌آنها تأثیرمیکند حل شده‌بصورت سولفات درآمده ومحلول را بوسیله سیفون با دقت و مواظبت زیاد به ظرف دیگری انتقال میدهند . رسوبات طلا را دو مرتبه با اسیدسولفوریك‌گرم شسته و بعداً چندین مرتبه باآب‌گرم وسرد شسته تا اینکه اثرات اسید واملاح آن بکلی ازاله شوند سپس‌رسوبات‌را خشك‌کرده ودربوته‌ای‌گداخته وطلا رابشکل شمش‌خالص میریزند .

برای بدست‌آوردن‌نقره،محلول سولفات‌آنرابا‌آب‌گرم مخلوط‌کرده وسولفات نقره را متبلور نموده و پس ازتبلور با محلول‌گرم سولفات آهن در امتزاج شیمیائی درآورده ونقره را رسوب داده ورسوب راگداخته وبصورت شمش نیزدرمیآورند .

$$Ag_2SO_2 + 2FeSO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2Ag$$

۲ ـ تصفیه طلا با اسیدنیتریك ـ نظربه‌گرانی بها وکم یابی نسبی اسیدازوتیك این طریقه‌چندان معمول‌ومتداول‌نگردیده‌است .محتوی نقره درشمش طلائیکه‌دراین طریقه تصفیه میشود باید ۲ برابرطلا باشد ونسبت ۲ : ۱برقرارباشد تا اینکه بسهولت وآسانی دراسیدازوتیك حل‌گردد . پس ازتعیین مقدارنقره و تعدیل آن،شمش را در

بوته‌ای گداخته وفلز مایع را درظرف آبی ریخته و آنرا بشکل دانه و حب در میآورند بعداً دراین حالت به ظرف دیگری که محتوی اسیدنیتریك بوزن مخصوص ۱/۲ میباشد انتقال داده وبوسیله بخار آب گرماداده ومدت چندساعتی دراین وضعیت نگاه‌میدارند تا اینکه عناصر فلزی که دراسید حل میشوند بصورت نیترات درآیند .

$$6Ag + 8HNO_3 = 6AgNO_3 + 4H_2O + 2NO$$

سپس مایع را سیفون کرده وبظرف دیگر برده و رسوبات طلا را چند مرتبه با آب گرم شسته تا اینکه اثرات اسید و املاح آن بکلی برطرف شوند. پس ازصاف کردن وخشك نمودن، آنوقت رسوبات را بامواد گداز آور مناسبی مخلوط کرده در بوته‌ای گداخته وطلای خالص را بشکل شمش میریزند و بعداً عیار قطعی آنرا درآزمایشگاه تعیین مینمایند

برای بدست آوردن نقره، به محلول نیترات نقره مقداری نمك طعام NaCl اضافه نموده ، خوب بهم زده و قدری حرارت داده تا اینکه نقره مبدل به کلرور نقره طبق رابطه زیر گردد .

$$AgNO_3 + NaCl = AgCl + NaNO_3$$

بعداً کلورور نقره را ازروی براده ونواربارباریك روی(Zn)عبورداده تا درنتیجه نقره رسوب کند وته نشین شود . سپس چند مرتبه باآب شسته ، خشك کرد ،

$$2AgCl + Zn = ZnCl_2 + 2Ag$$

وبامقداری مواد گداز آورمناسب مخلوط کرده ودر بوته گداخته وبشکل شمش درقالبهای مخصوصی میریزند .

۳ ـ تصفیه الکتریکی ـ تصفیه الکتریکی یا الکترولیز شمش های طلا بیشتر در ضرابخانه ها وبانك های بزرگ ممالك مختلف معمول و در دو روش نسبت به عیار شمش طلا صورت میگیرد . اگر شمش طلا بعیار ۹۰۰ درهزار باشد آنرا گداخته وبشکل انود Anode بابعاد ۲۲/۵ × ۹ × ۱/۲۵ سانتی متر درآورده ودر حوضچه هائیکه ازچینی یا پورسلانی ساخته شده ومحتوی محلول تری کلرورطلا ($AuCl_3$) هستند بین کاتود Cathode که ازصفحات نازك طلای صددرصد خالص تهیه شده آویزان میکنند محلول الکترولیت تری کلرور طلا باید ۷٪ طلای آزاد و ۱۰ ـ ۱۲٪ HCL آزاد داشه باشد. شدت جریان الکتریسته زیاد ودر حدود ۹۰ امپر برای هرفوت مربع سطح

کاتود میباشد . طلا برحسب اصول وقوانین الکترولیز یونیزه شده وروی کاتودمینشیند وبرحجم آن میآفزاید و بالاخره طلای صد در صد خالص نتیجه میگردد .

اگرعیار طلادرشمش درحدود ۴۰۰ درهزار باشدو بیشتر آن نقره باشد بایدابتداء شمش ناخالص‌را ذوب‌نمودو بصورت انودبابعادیکه‌ذکرشد در آورد ودرحوضچه‌های پورسلانی درمحلول الکترولیت نیترات نقره دربین کاتودهای نقره صد در صد خالص آویزان نمود . محلول الکترولیت،نیترات نقره $AgNO_3$ایستکـه محتوی ۳٪ نقره آزاد و۱/۵ ـ ۲/۵٪ اسیدنیتریك آزاد میباشد · شدت جریان بسیارخفیف و در حدود ۰/۸ امپربرای هرفوت مربع سطح کاتود میباشد · در این تصفیه نقره از شمش یونیزه شده،روی سطح کاتودرسوب کرده وبحجم آن‌میافزاید ولی طلا که‌درمحلول‌الکترولیت غیرقابل حل است بشکل لجن وگل‌درته حوضچه هاته نشین میشود

پس ازخاتمه‌عمل الکترولیز رسوبات را بیرون آورده ، شسته ، خشك کرده و باموادگداز آورمناسبی‌مخلوط نموده وگداخته وبعداً بصورت شمش میریزند ·

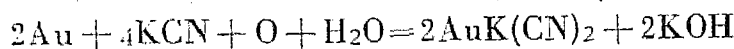
۴ ـ تصفیه طلاباگازکلر ـ اصول شیمیائی ـ هرگاه گازکلررا بدرون طلای‌ناخالص که بحالت گداخته ومذاب‌است‌بدمند،نقره موجودباگازکلرتولیدکلرور نقره‌زودگدازی نموده،بالا آمده وروی سطح طلای مایع شناور میگردد . ناخالصیهای فلزی دیگر از قبیل سرب ؛مس ؛ انتی‌موان وروی مبدل‌به‌کلرورهای فرارگشته و متصاعد میگردند .

شرح عمل ـ شمش ناخالص‌را دریك بوته‌گلی که‌داخل یك بوته بزرگتر گرافیتی قرارگرفته گرما داده تااینکه ذوب‌گردد؛ سپس بوته‌گلی را ازسرپوشی‌که محتوی دو سوراخ میباشد پوشانیده و از درون سوراخها دو لوله‌که متصل به منبع گازکلر است گازکلر مزبور را بدرون بوته وارد میکنند . گاز مزبور با نقره و فلزات دیگر تولید کلرور نموده وطلا راازاین گونه ناخالصیها آزادمیسازد · چندی‌بعد جریان گازراموقوف ساخته،بوته‌گلی را بیرون آورده و طلا فوراً منجمد میگردد و کلرور نقره که هنوز بحالت مایع است بظرف دیگری‌انتقال‌میدهند.

طلاراممکن‌است مجدداً گداخته‌وبشکل‌شمش بریزندوهمچنین ممکن‌است و نقره راازکلرورنقره بوسیله‌احیاء نمودن‌بامس درآبیکه‌محتوی اسیدسولفوریك و در

حال قلیان است رسوب داده و بعداً خشك کرده، گداخته و بصورت شمش در آورند .

فعل و انفعالات شیمیائی طریقه سیانوراسیون ـ کنش و واکنشهای شیمیائی که بین ذرات طلای آزاد درسنگهای معدنی خورده و ریز شده و محلول رقیق ۰/۱ ـ ۰/۰۵٪ سیانورپتاسیم ویاسودیم در مجاورت اکسیژن هوا صورت میگیرند بر حسب فورمول السنر (Elsner) عبارت انداز :

$$2Au + 4KCN + O + H_2O = 2AuK(CN)_2 + 2KOH$$

بطوریکه ملاحظه میگردد وجود اکسیژن برای تولید و ادامه فعل و انفعال لازم و ضروری میباشد، وازاین جهت ذرات بسیارریز راکه بصورت لجن در آمده اند باید بوسیله دمیدن هوای متراکم بهیجان در آورد تا اینکه اکسیژن تماس نزدیکی باکلیه ذرات طلا بگیرد، و آنها را در محلول سیانور حل نماید و بترکیب سیانور مضاعف درآورد. سیانوریکه حقیقتاً بمصرف حل کردن طلاودرآوردن آن بصورت محلول میرسدنسبت بمصرف کلی سیانور بسیار ناچیزوغیر قابل ملاحظه است . ازرابطه بالا مشاهده میشود که هرواحد وزن طلا ۰/٦٦ واحد سیانور لازم دارد ولی در عمل مصرف سیانور بین ۲۰ ـ ٤۰ مرتبه بیش ازمقدارنظری است . بطور متوسط، هریك تن سنگ معدنی طلا درحدود ۰/۵ کیلوگرام ملح سیانور مصرف میکنند .

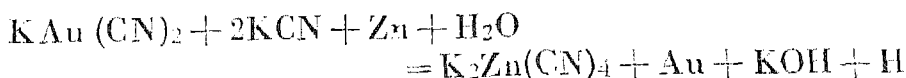
نباید فراموش کرد که مقدار معتنابهی از سیانور بعلل زیر تلف شده و از حیز انتفاع ساقط میگردد .

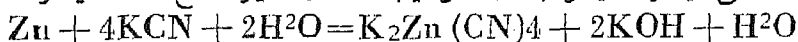
الف) مقداری ازاملاح سیانور بامواد غیرقابل حل رسوب میکنند .

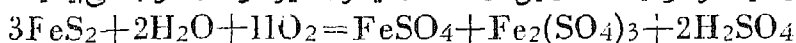
ب) مقداری از آن داخل عملیات نشده ومفقود میگردد .

ج) مقداری از آن با فلزات دیگر منجمله آهن ترکیبات سیانور داده که طلا را درخود حل نمیکنند .

در حین رسوب دادن طلا بوسیله فلز روی از محلول سیانور مضاعف مقدار قابل ملاحظهٔ ازسیانورتلف میگردد، یعنی بصورت سیانور مضاعف روی و پتاسیم طبق این رابطه درمیآید .

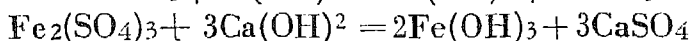
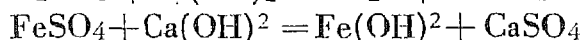
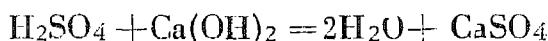
$$KAu(CN)_2 + 2KCN + Zn + H_2O$$
$$= K_2Zn(CN)_4 + Au + KOH + H$$

قسمتی دیگر ازسیانور با روی ترکیب شده وازحیز انتفاع ساقط میگردد .

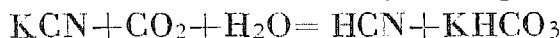
$$Zn + 4KCN + 2H^2O = K_2Zn(CN)4 + 2KOH + H^2O$$

سولفور اهن (FeS^2) که بطورحتم در بسیاری ازمواد اولیه طلا موجود است اگر در مجاورت هوا و با محلول های اکسید کننده درآید بسهولت مبدل به سولفات آهن واسیدسولفوریك شده واین دو ماده درسیانور تأثیر کرده وآنرا بکلی بیفایده میسازند

$$3FeS_2 + 2H_2O + 11O_2 = FeSO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2SO_4$$

ازتولیداسیدواملاح اسیدی در پولپ که بصورت شن ویا بحالت لجن میباشد باید بوسیله اضافه نمودن مواد قلیائی ازقبیل سود محرق ویا اکسید آهك جلوگیری شودو همیشه باید یك مقدارموادقلیائی محافظ وجود داشته باشد تا مانع مصرف زیاده ازحد سیانور گردد . چون سودمحرق نسبتاً گران است لذاهمیشه آهك اضافه میکنند و عمل آن در خنثی نمودن اثرات اسید سولفوریك وسولفات آهن از فورمولهای زیر دیده میشود :

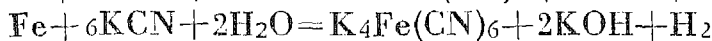
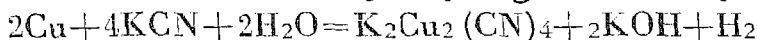
$$H_2SO_4 + Ca(OH)_2 = 2H_2O + CaSO_4$$

$$FeSO_4 + Ca(OH)^2 = Fe(OH)^2 + CaSO_4$$

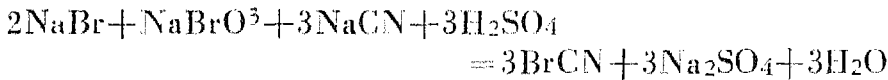
$$Fe_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)^2 = 2Fe(OH)_3 + 3CaSO_4$$

مقدار آهك اضافی باید بیش ازحدمعمول باشد و الا گاز کربنیك متصاعده سیانور را تجزیه کرده وبازآنرا بیفایده میسازد

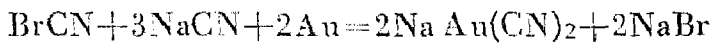
$$KCN + CO_2 + H_2O = HCN + KHCO_3$$

کلیه عناصر فلزی معمولی که درام‌لاح سیانور قابل حل میباشند تولید املاح سیانور مضاعف نموده وبمصرف طبیعی سیانور میافزایند .

$$2Cu + 4KCN + 2H_2O = K_2Cu_2(CN)_4 + 2KOH + H_2$$

$$Fe + 6KCN + 2H_2O = K_4Fe(CN)_6 + 2KOH + H_2$$

طریقه برو موسیانور (Bromocyanide Process) - در مبحث مواد اولیه وسنگهای معدنی طلا اشاره شد که طلا بحالت ترکیب در بعضی ازسنگهای تلوریم دار موجود است . استخراج طلا ازاین مواد اولیه فقط بوسیله حل کردن آنها در برومو سیانور مس میباشد؛زیرا عنصر تلوریم خود یکی از قاتلین سیانور پتاسیم و یا سودیم بشمارمیرود . این طریقه نیز برای مواد معدنی طلاداری بکار میرود که طلای آنها را باید به سرعت هرچه تمام تر درمحلول سیانور حل نمود تا اینکه از مصرف فوق‌العاده سیانورجلوگیری شود .

ملح بروموسیانور ازاملاح بروموپابرومات طبق فورمولهای زیر بوسیله امتزاج سیانور واسید سولفوریك تهیه میشود :

$$2NaBr + NaBrO^3 + 3NaCN + 3H_2SO_4$$
$$= 3BrCN + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$

با مخلوط کردن برموسیانور با مواد طلا دار ، طلا طبق این فورمول حل شده و تولید سیانور مضاعف مینماید .

$$BrCN + 3NaCN + 2Au = 2Na\,Au(CN)_2 + 2NaBr$$

چون استعمال این طریقه هم ازحیث بها گران وهم ازحیث عملیات حساس ودشوار است، لذا منحصراً درنقاط بخصوصی بکارمیرود مهمترین این نقاط عبارتند از کولورادو؛ کالیفرنی ؛ استرالیای غربی، زیرا دراین نقاط طلا در سنگهای تلوریم یافت و استخراج میشود . مصرف مواد قلیائی که دراین طریقه بکارمیروند بیش ازمقادیریست که درطریقه سیانور اصلی بکار میروند .

۴ـ استخراج طلا بطریقه کلورینا سیون (Chlorination)ـ تاقبل ازاکتشاف طریقه استخراج طلا بوسیله سیانوراسیون، طریقه کلورینا سیون که معروف به روش پلاتنر (Plattner) است ودرسال ۱۸۵۱ میلادی بوسیله وی وضع و پیشنهاد گردیده بود دراستخراج قسمت معظم طلا بکارمیرفت .

ابتداء مواد اولیه طلا را خورد کرده و درخمرهٔ ایکه محتوی آبی است که از گاز کلور اشباع شده قرارداده و طلا را بشکل کلرور درآورده و سپس آنرا بوسیله اضافه نمودن عوامل احیاء کننده مانند سولفات آهن و یا زغال چوب آزاد ساخته و رسوبات طلاداررا بطریقی که قبلا ذکرشد گداخته وبصورت فلز در میآوردند .

نظر باینکه تولید گاز کلر و نقل و انتقال آن کار مشکل و دشوار و خطرناکی بوده، لذا خمرهٔ را مبدل به بشکه نمودند که درون آن از صفحات سرب پوشیده شده بود و بظرفیت یك تن سنگ معدنی می بود . پس ازقراردادن مواد اولیه طلادارخرد شده در بشکه مقداری آب و گرد ($GaOCl_2$) کلورورد شو و اسید سولفوریك اضافه نموده تا محتویات بشکه بصورت بولپ در آیند . سپس درب بشکه را محکم بسته و آنرا بسرعت [illegible] دور در دقیقه مدت ۶ ساعت بچرخش درمیآوردند. اگر بشکه مجهز

بدستگاه صافی بوده آنرا متوقف ساخته ومایع کلرورصاف شده را بیرون آورده و در ظرفی دیگر جمع مینمودندواگرنه محتویات بشکه رادرمخزنیکه کف آن ازچندلایه شن و ماسه بمنظور صافی تشکیل یافته بود انتقال داده و آنوقت کلرور صاف شده را بیرون میآوردند .

طلا را ازمحلول کلورور یابوسیله ئیدروژن سولفورو H_2S و یا بوسیله سولفات آهن و یا بوسیله زغال چوب رسوب داده و مواد ته نشین شده را پس از شستن و پاك کردن ، با مواد گدازآور مناسب در بوته گداخته بصورت شمش درمی آورند .

طریقه کلورنیاسیون فعلا بکلی متروك شده وفقط از نقطه نظرتاریخ دانش گداز و استخراج فلزات اهمیت دارد . بطوریکه قبلا اشاره شد امروزه کلیه طلای دنیا از طریق سیانوراسیون وطلای محصول درجه دوم بوسیله الکترولیز بدست می آید .

موارد استعمال طلا ـ طلا دردرجه اول اهمیت بشکل پول وسکه ودر درجه دوم بصورت جواهرات وزینت آلات استعمال میگردد . طلائیکه بشکل سکه و پول رایج در دست مردم دنیا میباشد ودر مواقعی داد وستد میشودنسبت بآن چه بصورت شمش و یا سکه زده شده که در بانکها و خزانه داریهای ممالك مختلف دنیا بعنوان پشتوانه اسکناس و یا وثیقه ذخیره شده است خیلی کم و ناچیز میباشد .

اصولا طلا راهیچگاه بحالت خالص صد درصد بکار نمی برندوهمبسته آن بانقره ومس درعیارهای مختلف درساختن جواهرات زیادمعمول ومتداول است .عیارطلائیکه بشکل شمش و یا سکه درآمده باشد معمولا چند برهزار مثلا ۹۸۰ در هزار تعیین میکنند ولی عیارطلای جواهرات وکلیه اشیائیکه بدین منظور ازطلاساخته میشوند به قیراط carat میسنجند. طلای خالص هزار در هزار را برابر ۲٤ قیراط میدانند و بنا براین باین نسبت ۱۸ قیراط برابر ۷۵۰ درهزار و۱۲ قیراط برابر ۵۰۰ درهزار یا ۵۰ درصد میباشد . طلائیکه در ساختن جواهرات استعمال میشود بحالت همبسته با نقرهٔ تنها، با مس تنها و یا مس و نقره بوده وبعیار ۹ـ۱۲ـ۱٤ـ۱٦ـ۱۸ـ۲۰ـ۲۲ قیراط میباشد .

هر قدرمقدارقیراط آن نزدیك بعدد ۲٤ باشد، آن طلاخالص تر وارزش بیشتری خواهد داشت . یکی دیگر از موارد استعمال طلا بشکل ورقه های بسیار نازك که

بعنوان روکش فلزات نقره و یا مس است میباشد .

ناگفته نماند که مقداری از این فلز گرانبها در دندانسازی و مطلانمودن اشیاء تجملی مورد استفاده قرارمیگیرد . اگرچه طلا باسیاری ازفلزات مهم صنعتی تشکیل همبسته میدهد ولی اهمیت آن از نقطه نظر اقتصادی و مالی و تجملی بوده و چندان استعمال صنعتی ندارد و شاید آنچه که در صنایع بکار میرود از ۰/۸٪ محصول سالیانه تجاوز ننماید .

بطوریکه درآغازاین فصل اشاره شد طلا دربسیاری ازخواص فیزیکی،شیمیائی ومیکانیکی دربین بسیاری ازفلزات درجه یکم را حائزاست واگر گرانی بها وکم یابی آن نبود، شاید بیش از این مقدار در صنایع مختلفه مورد استفاده قرار میگرفت و از خواص مهم آن بهره مندمیشدند . طلا باسیاری ازعناصرفلزی معمولی ازقبیل آلومینیم انتیموان ـ بیزموت ـ ارسنیك ـ کادمیم ـ کرومیم ـ کبالت ـ مس ـ نیکل ـ آهن ـ قلع ـ سرب ـ مانگانیز ـ مانیزیم ـ جیوه ـ پلادیم ـ پلاتینم ـ نقره تولید محلول های جامد نموده و تشکیل همبسته میدهد ولی اغلب آنها از حیث بررسی خواص و رفتار طلا از نقطه نظر شیمیائی مهم میباشند . همبسته هائیکه چه در سکه و چه در جواهرات مورد استفاده واقع میشوند همبسته های طلا با نقره و مس وگاهی اوقات با جیوه میباشند .

فصل بیست و پنجم

نقره و طلای سفید

خواص فیزیکی ـ نقره هم یکی از فلزات قدیمه بوده و وجود و بعضی از خواص آن اززمان ماقبل تاریخ بر بشر معلوم و آشکار بوده و همواره مورد استفاده واقع میگردیده است . نقره، سفیدترین فلزی است که رنگ سفید یامایل بسفیدی بسیاری ازفلزات را نسبت بآن میسنجند ولی از طلا سخت تر وازمس نرم ترمیباشد . وزن مخصوص آن ۱۰/۵ ، وخواص چکش خواری ؛ تورق ومفتول شدن آن بعد ازطلادرجات دوم راحائز میباشد . درجه گداز نقره ۹٦۰ و درجه قلیان آن ۱۹۵۰ سانتی گراد تعیین گردیده است . در خواص هدایت گرما و الکتریسته درجه اول را بین فلزات حائز بوده و مقدار این خواص را در فلزات دیگر نسبت به نقره مقایسه میکنند . موقعی که درجه گرمای نقره قدری بالاتر از درجه گداز آن میرسد خاصیت فراری بخود میگیرد یامخصوصاً اگر محتوی ناخالصیهائی ازقبیل سرب ، روی ، ارسنیک وانتی موان باشد ؛ دراینصورت نقره زودتر متصاعد شده و تبخیر میگردد .

نیروی کشش نقره درحدود ۲۵٤۰ کیلوگرام درهر سانتی مترمربع است .

نقره درحالت مایع میتواند ۲۲ برابر حجم خود اکسیژن در خود حل کند ولی درحین انجماد این اکسیژن را بطورغریبی ازدرون خود اخراج میکند واین کیفیت را دراصطلاح « استفراغ نقره » نامیده‌اند .

خواص شیمیائی ـ علامت شیمیائی نقره Ag و بوزن اتمی ۱۰۷/۸۰ میباشد . بهترین محلل آن اسید نیتریک ولی دراسید سولفوریک غلیظ که درحال قلیان است بتدریج حل میگردد وهمان اسید درحالت رقیق چندان تأثیری درنقره ندارد . اثرات اسید کلریدریک واسیدهای دیگر بسیار تدریجی و بطیء میباشند .

The vomitting of Silver – ۱

نقره بصورت ذرات بسیار ریز متدرجاً در محلول سیانور پتاسیم و سدیم حل میگردد و مانند طلا تولید املاح مضاعف میکند . در استخراج نقره، از این اصل شیمیائی استفاده شده و از این لحاظ طریقه سیانور اسیون از مهمترین طرق استخراج نقره از مواد اولیه بشمار میرود .

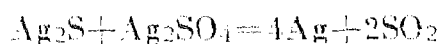
در گرمای معمولی ، هوای خشك یا مرطوب تأثیری در نقره ندارد و اگر دیده میشود که سطوح اشیاء نقرهٔای پس از چندی سیاه میگردند، برای این است که سطوح آنها از یك غشاء باریك سولفور نقره Ag^2S پوشیده میشوند .

نقره درمحلول هیپوسولفیت دوسود حل شده ترکیب ملح مضاعف هیپوسولفویت سدیم و نقره را میدهد . نقره فلزی بسهولت با جیوه تولید ملقمه داده ودر این حالت برای سفید کردن ودر آینه سازی استعمال میشود .

ترکیبات نقره ـ یکی از ترکیبات مهم نقره سولفوران (Ag_2S) میباشد که برنگ خاکستری آبی درمیآید .

نقره میل ترکیبی زیاد و شدیدی باگوگرد دارد و بسهولت بشکل سولفور و سولفات درمیاید ؛ این ترکیبات درمواد قلیائی و کربناتی غیرقابل حل بوده ولی در اسید نیتریك واملاح سیانور قلیائی حل میشوند .

ازطرفی دیگر نقره در سولفور های مس ؛ آهن وسرب حل شده و از این اصل شیمیائی دراستخراج نقره از بعضی ازمواد اولیه استفاده میگردد . جیوه، سولفور نقره راتجزیه کرد وبانقرهٔ آزاد شده تولید ملقمه مینماید . مانند مس ، سولفات نقره داخل فعل وانفعالات شیمیائی با سولفور نقره شده ونقره را آزاد میسازد .

$$Ag_2S + Ag_2SO_4 = 4Ag + 2SO_2$$

کارور نقره از نقطه نظر عملیات گداز فلزات اهمیت دارد، زیرا در بسیاری از روشهای مختلف استخراج تشکیل شده ودر قشر زمین نیز بحالت طبیعی یافت میشود ودراصطلاح کانی شناسی بهسرارژیریت (Cerargyrite) معروف است . ترکیب مزبور درمحلول گرم هیپوسولفیت دوسود ($Na_2S_2O_3$) وکلرورمانیزیم و کلسیم وسیانورهای

قلیائی و اسید کلریدریك حل شده وفلزات روی و آهن نیزملح نامبرده را تجزیه نموده ونقره را آزاد میسازند .

$$2AgCl_2+Zn=2Ag+ZnCl_2$$

ترکیب سوم سولفات نقره میباشدودرحین عملیات جدا کردن نقره ازشمش طلا وتصفیه آن تولید میشود .

سولفات نقره دراسیدهای معدنی قوی و غلیظ حل شده ولی بهترین محلل آن اسید سولفوریك میباشد نقره را میتوان بوسیله فلزاتی ازقبیل مس ـ آهن ـ روی ـ قلع ـ سرب رسوب داد وته نشین نمود وازمحلولات آنها جدا ساخت .

سنگهای معدنی نقره

درقشرزمین نقره دردوحالت ، آزاد طبیعی وترکیب یافت واستخراج میگردد. نوع آزاد طبیعی نسبتاً کم یاب ولی وقتیکه پیدامیشود بصورت ورقهای نازك و باریك و یا بشکل توده مجتمع درآمده وگاهی اوقات قطعاتی پیدامیشوند که درمحتوی نقره بسیارغنی بوده ونمونهٔ که ۷۰۰ کیلوگرام نقره خالص طبیعی در برداشته پیدا شده است . مهمترین سنگ معدنی نقره سولفوران موسوم به آرژانتیت (Argentite) بفورمول Ag_2S وبعداً کلرور آن موسوم به سرارژیریت (Cerargyrite) بفورمول AgCl میباشند .

دردرجه دوم اهمیت انتی منورآن موسوم به پیرارژریت (Pyrargyrite) بفورمول $3Ag_2S.Sb_2S_3$ واستفانیت (Stephanite) بفورمول $5Ag_2S.Sb_2S_3$ وارسنوران موسوم به پراوستیت (Proustite) بفورمول $3Ag_2S.As_2S_3$ میباشند .

نقره در بسیاری ازسنگهای طلادارد ومواد اولیه آن یافت میشود واین دوفلز گرانبها را با هم استخراج کرده وبعداً از یکدیگر مجزا میسازند .

نقره بشکل محصول فرعی ودرجه دوم از سنگهای سولفور سرب وروی ومس استخراج میگردد وهرساله مقدارمعتنابهی نقره ازاین راه بدست میاید .

معادن مهم نقره دنیا در کشورهای ایالات متحده امریکا ـ مکزیك ـ کانادا ـ امریکای مرکزی و جنوبی و دردرجه دوم درآلمان ـ اسپانیا ـ هندوستان ـ استرالیا واقع اند . درایران آثاروعلائمی که دلالت بروجودنقره کند تابحال بدست نیامده است.

اصول استخراج

نقره را میتوان ازسنگهای معدنی ومواد دیگراولیه بطریق گداختن ویا بطریق شیمیائی درمحلول استخراج نمود ومهمترین طرق آن عبارتند از :

۱ ـ گداز مستقیم ـ بسیاری از مواد اولیه نقرهداررابامواداولیه مس وسرب مخلوط کردهو باهم درکوره بلندواترژاکت ویادرکوره شعلهٔمیگدازندونقره رادرمات حاصله حل میکنند. بعداً درحین عملیات تصفیه الکتریکی ، الکترولیز و یا درطریقه کوپلاسیون نقره راازفلزات دیگرجدا نموده و بدست میاورند.

۲ ـ طریقه ملقمه ـ(الف) طریق مکزیکی (ب) طریقهٔ چیلیك یا بشکهٔ .

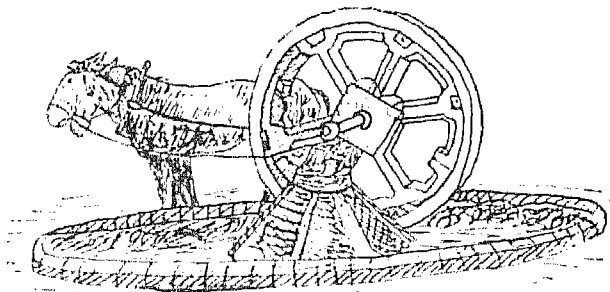
۲ ـ (الف) طریق مکزیکی ـ یکی از قدیم ترین راه استخراج نقره از مواد اولیه که درکشورهای مکزیك وشیلی وامریکای مرکزی متداول بوده طریقه ایست که امروز بیشتر باسم طریقهٔ مکزیکی معروف گشته است وگاهی اوقات آنرا طریقه (Patio process) نیزمینامند . مراحل چهارگانه طریقه مزبورعبارتند از :

۱ ـ شکاندن سنگهای نقره دار دریك آسیای سنگی.

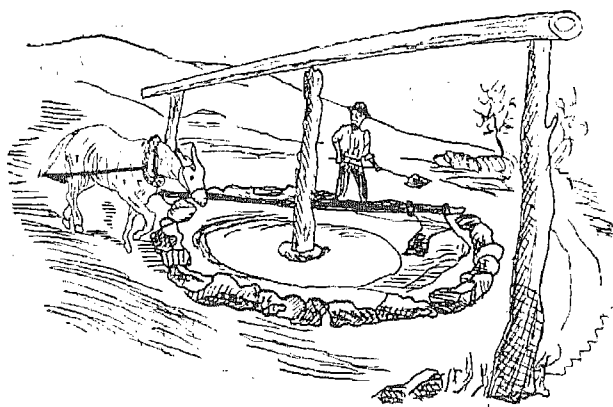
۲ ـ خوردوریز کردن مواداولیه دریكآسیای سنگی دیگرموسوم بهآرآسترا (Arrastra) .

۳ ـ ملقمه نمودن با جیوه .

٤ ـ تجزیه ملقمه وجداکردن نقره ازجیوه .

شرح عملیات ـ ابتدا سنگهای نقره دار را سنگ جوری و دست چین کرده ودر

(شکل ۲۱۱) خورد کردن مواد اولیه نقره بطریقه مکزیکی

آسیاء سنگی شکانده و بقطعات کوچك درآورده و بعد در آسیاء دیگری کاملا نرم

کرده ودراین حالت با آب مخلوط نموده که بصورت گل ولای درآیند. گل حاصله یا باصطلاح پولپ (Pulp) را درحیاط یا زمین هموارى که سطح آن ازآجرهای قزاقی و یاسنگ مرمر و یا تخته پوشیده شده که کاملا صاف وهموارباشد، گسترانیده و در حدود ۰.۶٪ وزن موادا ولیه نقره‌دار نمك طعام بمخلوط اضافه‌میکنندوسپس چندعدد قاطر یا اسب روی آن مدت سه الی چهارروز مرتباً میدوانند تا اینکه خوب لگدمال گردد سپس درحدود ½-۰.۲٪ وزن مواد اولیه ماده‌ای موسوم به‌ماژیسترال (Magistral) که ترکیبی ازسولفات مس و آهن میباشد به توده اضافه نموده و دو مرتبه آنرا بوسیله قاطرها دور وز دیگر لگد مال میکنند. پس از انقضاء این مدت، مقداری جیوه اضافه نموده وخوب بهم‌زده تا اینکه جیوه ذرات نقره رادرخود گرفته وتولید ملقمه بنماید. دراین موقع کلیه مواد را بمخزنیکه محتوی آب میباشد انتقال داده و با آب شسته‌و ملقمه را از بقیه مواد جدا میسازند. پس ازصاف نمودن و خشك کردن، رسوب را در بوته‌ای گرما داده، جیوه متصاعد شده ودرظرف دیگری تقطیرمیشود و بدینقسم نقره آزاد میگردد.

(شکل ۲۱۲) لگد کردن مواد نقره‌دار بوسیله اسب یا قاطر

۲ ـ (ب) طریقه چیلیك یا بشکه ـ این طریقه برای سنگهای نقره‌داریکه در محتوی نقره‌نسبتاً غنی میباشند وضع گردیده وبدین شکل عمل میشود.

مقدار یك‌تن مواد اولیه را بقطعات کوچك در آورده وبا ۱۰۰ الی ۱۵۰ کیلو

گرام آهن پاره و اسقاط در چیلیك چوبی بطول و قطر ۱/۵ متر ریخته و درب آنرا محکم بسته و بوسیله یك چرخ بشکه ها را چند ساعتی خوب میچرخانند تا اینکه محتویات آنها کاملا مخلوط گردد . سپس دو برابر محتوی نقره مفروض جیوه داخل کرده و باز مدت چند ساعتی میچرخانند تا جیوه با نقره تشکیل ملقمه بدهد . آنگاه درب چیلیك ها را باز کرده، مقداری آب اضافه نموده و باز برای چند ساعتی میچرخانند تا اینکه آب ملقمه را در خود بگیرد و از بقیه مواد خاکی و غیره قابل حل جدا نماید . بعداً محتویات چیلیك ها را خالی کرده، ملقمه را درون پارچهٔ پتو یا جیری قرار داده ، خوب فشار داده تا جیوه اضافی برطرف گردد سپس رسوبات را در بوته گرما داده ، جیوه باقیمانده متصاعد شده و درظرف دیگری تقطیر میشود و نقره آزاد میگردد .

امروزه هر دو روش نامبرده دربالا متروك گشته ودر عوض طریقه سیانوراسیون جانشین آنها گردیده .

۳ـ طرق ترشیمیائی که عبارتند از:

الف) طریقه سیانوراسیون ب) طریقه فون پاترا ج) طریقه زیرفوگل

الف) ـ طریقه سیانوراسیون ـ پس از آنکه استعمال این طریقه در استخراج طلا قرین موفقیت گردید و نتایج حاصله کاملا رضایت بخش بود، پس از مدتی استعمال آن در استخراج نقره نیز عملی گردید و در فاصله کمی در بسیاری از کارخانجات استخراج نقره شایع و معمول گردید .

نقره هم مانند طلا اگر بشکل ذرات بسیار ریز و پراکنده در آید در محلول املاح سیانور قلیائی چه سدیم و چه پتاسیم حل میگردد و بصورت ملح مضاعف در میآید ولی اگر ذرات نقره درشت باشد آنوقت در املاح سیانور چندان قابل حل نمیباشند

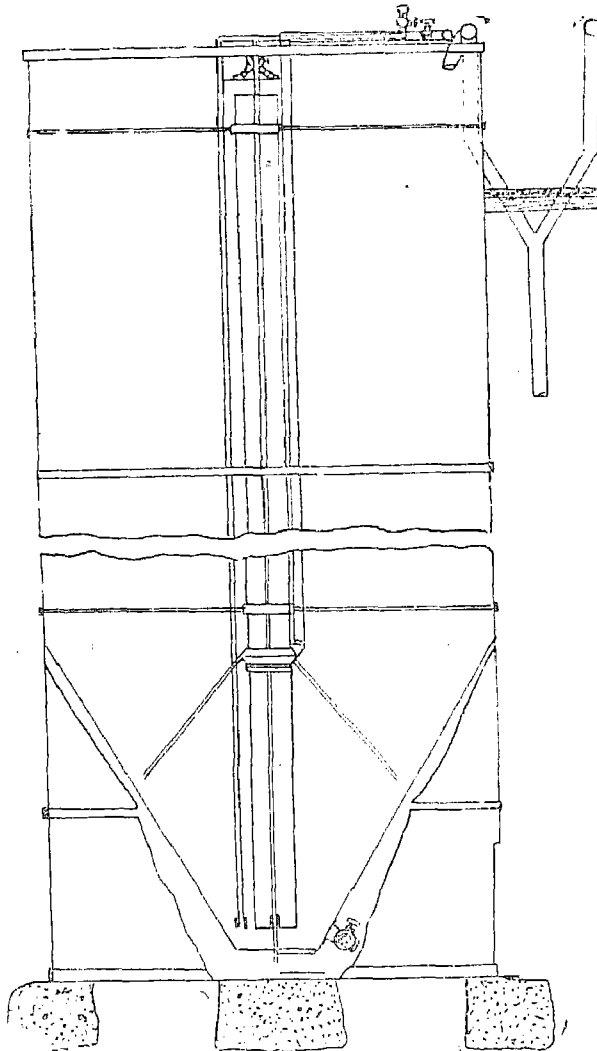
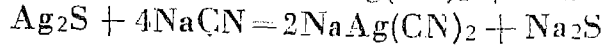
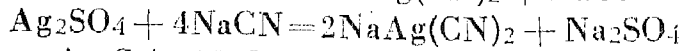
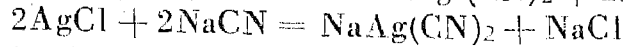
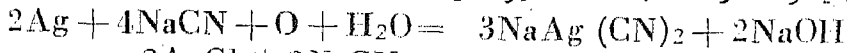
بعضی از مواد اولیه نقره که محتوی انتیموان هستند، مانند استفانیت و پیرارژریت با تأنی و کندی در املاح سیانور حل میشوند والبته نیاز بمقدار بیشتری سیانور دارند . اگرچه اغلب اصول و وسایل استخراج نقره بطریقه سیانوراسیون عیناً مانند آنچه درباره استخراج طلا گفته شد میباشد، معذالك اختلاف مهمی موجود است که بعداً متذکر خواهیم شد .

فعل و انفعالات شیمیائی ـ موقعیکه ذرات نقره وارد محلول سیانور پتاسیم یا سودیم میشوند، نقره درمجاورت اکسیژن هوا حل شده و فعل و انفعالات زیر صورت می گیرند:

$$2Ag + 4NaCN + O + H_2O = 3NaAg(CN)_2 + 2NaOH$$

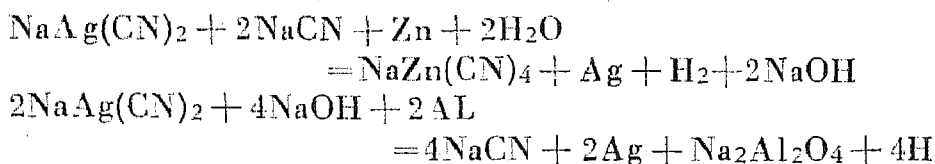
$$2AgCl + 2NaCN = NaAg(CN)_2 + NaCl$$

$$Ag_2SO_4 + 4NaCN = 2NaAg(CN)_2 + Na_2SO_4$$

$$Ag_2S + 4NaCN = 2NaAg(CN)_2 + Na_2S$$

(شکل ۲۱۳) دستگاه اژیتاتور ، نوع Trent که دراستخراج نقره بطریقه سیانوراسیون بکار میرود

نقره‌هائیکه بدینقسم حل میگردد و بصورت محلول سیانور مضاعف نقره و سدیم درمیآیند میتوان بوسیله براده روی یا گرد آلومی نیم طبق کنش و واکنش های زیر بشکل آزاد رسوب داد و ته نشین نمود .

$$NaAg(CN)_2 + 2NaCN + Zn + 2H_2O = NaZn(CN)_4 + Ag + H_2 + 2NaOH$$

$$2NaAg(CN)_2 + 4NaOH + 2AL = 4NaCN + 2Ag + Na_2Al_2O_4 + 4H$$

معمولا یك قسمت ازفلز روی میتواند ۱/۷ قسمت نقره و یك قسمت ازفلز آلومینیم چهار قسمت نقره را پائین آورده ته نشین نمایند . اختلافات اصلی که دراستخراج نقره وطلا بطریقه نامبرده موجود است ازاین قراراند .

۱ ـ مواد معدنی نقره دار باید بیشترخورد شوند وذرات آنها ریزتر و کوچك تر باشند ومدت زیادتری درمجاورت محلول سیانور بمانند؛ زیرا درشرایط مساوی، درجه وسرعت حل شدن نقره دراملاح سیانور نقره تقریباً نصف طلا بوده وبه نسبت اوزان اتمی آنها تغییرمیکند . وزن اتمی طلا ۱۹۷/۲ ونقره ۱۰۷/۸۸ میباشد .

۲ ـ مقدار املاح سیانورکه دراستخراج نقره بمصرف میرسد بمراتب بیش از مقداریستکه برای طلا لازم است به‌جهت اینکه اولا نقره باید مدت بیشتر وطولانی تری درمحلول سیانور بماند تا حل شود وتولید ملح سیانورمضاعف نماید وثانیاً مقدار درصد وعیار نقره موجود درسنگهای اولیه نسبت به‌طلا بیشتر وزیاد تراند . مثلا سنك معمولی نقره‌داریکه استخراج آن مقرون بصرفه و اقتصاد میباشد باید در حدود ۳۱۰ ـ ۷۷۰ گرام نقره درهر یك تن سنك معدنی داشته‌باشد ؛ درصورتیکه برای طلا، مواد اولیه ایکه محتوی ۳/۱ ـ ۳۱ گرام درهر تن سنگ میباشند بکار میروند .

مصرف سیانور پتاسیم یاسدیم درحدود ۰/۷ ـ ۳/۵ کیلوگرام برای هر یك تن مواد اولیه نقره تعیین گردیده والبته برای هرماده اولیه ای آزمایشهای لازم باید بعمل آید؛ تامقدارصحیح ودقیق معلوم گردد ولی مصرف سیانور برای مواد اولیه طلا بین ۰/۱ ـ ۰/۵ کیلوگرام درتن میباشد .

۳ ـ عملیات تهویه ودمیدن هوای متراکم درمحلول سیانور برای حل کردن نقره باید

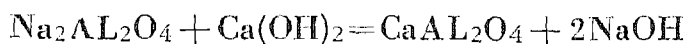
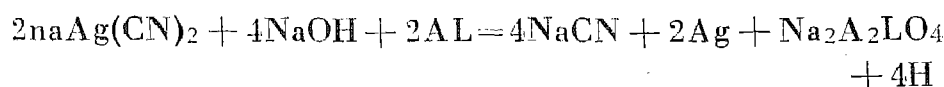
شدید تر باشد .

۴ - نقره باید درمحلول سیانور قوی تر و غلیظ تری حل شودو بدین مناسبت مصرف سیانور بیشترخواهد بود .

۵ - بطور کلی هزینه استخراج نقره بطریقه سیانوراسیون بیش از طلا است؛ زیرا مدت طولانی تر ووسایل بیشتری لازم دارد؛ وبطوریکه دربالا اشاره شدمصرف سیانورهم زیادتر میباشد .

رسوب دادن نقره با الومینیم - الومینیم بصورت گرددرعوض براده‌روی استعمال گردیده و نتایج خوبی داده است . طرزعمل آن عیناً مانند روی بوده ولی محلول سیانورنقره‌دار باید مدت بیشتری تماس باذرات آلومینیم داشته باشد؛زیرا آلومینیم بسهولت براده روی«تر» نمیشودوداخل‌محلول‌نمیگردد. دیگر آنکه باگردآلومینیم باید قدری سود محرق (NaOH) بکار برد تا اینکه آلومینیم بتواند در ملح مضاعف سیانورنقره، جانشین نقره‌شود وعنصرمزبوررا آزادسازد . برای‌اینکه فعل و انفعالات مربوطه بطور مرتب ورضایت بخشی انجام‌گردد ،آهك نباید در محلول وجود داشته شد زیرا اکسیدکلسیم باآلومینات دوسود حاصله ترکیب شده و آلومینات دوسود را مبدل به آلومینات کلسیم کرده وموجب‌اخلال عمل میگردد. برای‌اینکه ملح مزبور غیرقابل حل بوده،بسهولت ته‌نشین شده،ورسوبات‌آن‌درون لوله ها ومخازن راگرفته وباعث وقفه درکار میگردد .

$$2naAg(CN)_2 + 4NaOH + 2AL = 4NaCN + 2Ag + Na_2A_2LO_4 + 4H$$

$$Na_2AL_2O_4 + Ca(OH)_2 = CaAL_2O_4 + 2NaOH$$

۳ - ب)طریقه فون پاترا_(Von Patera)-دراین‌طریقه‌ازخاصیت‌حل‌شدن کلرور نقره درمحلول هیپوسولفیت دو سود ($Na_2S_2O_3 . 5H_2O$) و رسوب دادن سولفورنقره (Ag_2S) بوسیله سولفورسدیم (Na_2S) استفاده‌میگردد. طریقه نامبرده بوسیله فون پاترا درسال ۱۸۵۸ میلادی دراطریش بکار میرفت .

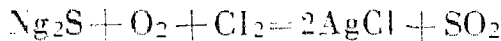
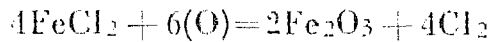
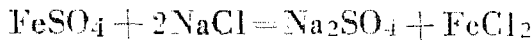
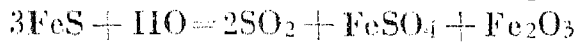
شرح عملیات - مواد اولیه وسهنگهای معدنی نقره را در ماشینهای سنك شکن

بقطعات کوچك درآورده سپس درآسیاء میکانیکی کاملا خورد و ریز کرده که باندازه دانه خشخاش درآیند. دراین حالت با ۱۰ ـ ۱۵٪ وزن کلیه مواد، نمك طعام مخلوط کرده ودریك نوع کوره شعلهٔ تشویه مینمایند ودرنتیجه نقره مبدل به کلورور نقره طبق فعل وانفعالات زیرین میگردد .

$$3FeS + 11O = 2SO_2 + FeSO_4 + Fe_2O_3$$

$$FeSO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + FeCl_2$$

$$4FeCl_2 + 6(O) = 2Fe_2O_3 + 4Cl_2$$

$$Ag_2S + O_2 + Cl_2 = 2AgCl + SO_2$$

درآغاز عمل تشویه، گرما باید بقدری باشد که فقط گوگرد مواد سولفوره و مخصوصاً گوگرد آهن سوخته شوند و زیادی سولفور آهن را مبدل به (Fe^2O^3) و سولفات آهن بنماید واگرهرآینه مس با فلزات دیگر نیز موجود باشد، آنراهم تبدیل به سولفات بنماید. بعداً درجه گرما را تا ۶۰۰ درجه سانتی گراد بالا برده و درنتیجه سولفات آهن با کلورورسدیم درامتزاج شیمیائی درآمده وآهن تبدیل بکلورورمیگردد ودرحین عمل گاز کلر نیز متصاعد میشود. گاز مزبور به سولفور نقره اثر کرده و آنرا تبدیل به کلورور نقره میکند. البته چون همیشه درمواد اولیه نقره مقداری مس: سرب وروی نیز موجودند، درحین انجام عمل تشویه بانمك طعام مقداری از آنها هم مبدل به کلرور میگردند؛ از این لحاظ قبل از اینکه کلرور نقره را به ظرفی که محتوی هیپوسولفریت دوسود میباشد، انتقال دهند باید کلیه مواد رادرآب گرم بهم زده تا اینکه کلرورهای فلزات قابل حل درآب حل شده وازکلرورنقره جدا شوند. پس از صاف کردن و برطرف نمودن ناخالصیها آنگاه به نقره محلول ۰/۵ ـ ۲٪ هیپوسولفریت دوسود $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ اضافه نموده تااینکه کلیه کلرورنقره درآن حل گردد .

$$Na_2S_2O_3 + AgCl = AgNaS_2O_3 + NaCl$$

حال باین محلول، مقداری منوسولفوردوسدیم (Na_2S) ویاپولی سولفورسدیم (Na_2S_3) و(Na_2S_5) که از گرما دادن ومخلوط کردن سودمحرق $NaoH$ و گوگرد بدست آمده؛ اضافه نموده تا اینکه سولفورنقره طبق فعل وانفعالات زیرتولید شود .

$$2AgNaS_2O_3 + Na_2S = 2Na_2S_2O_3 + Ag_2S$$

سولفور نقره حاصله راصاف کرده، خشك نموده ودر کوره گرما داده تا اینکه

کلیه کوگردان متصاعد شود و نقره باقی بماند. یا اینکه ممکن است در محلول اصلی $AgNaS_2O$ مقداری آهن پاره واسقاط انداخته ونقره را برروی آنها رسوب داده و پس ازشستن بدست آورد .

۳ـ ج) طریقه زیرفوگل (Ziervogel) طریقه نامبرده برای استخراج نقره ازدرون مات مس بکارمیرود وطرزعمل ازاین قرار است :

مات مس نقره دارراد رماشینهای سنگ شکن شکانده و بعداً در آسیاهای میکانیکی کاملا خورد وریز نموده تا باندازه شن نرم و ماسه شوند. حال موادخوردشده رادر کوره شعله قرارداده وتشویه میکنند. ودراین عمل سولفور آهن که درمات مس موجود است مبدل به سولفات گشته و بعداً تبدیل به اکسید آهن میگردد . سولفورمس هم مانند سولفور آهن ابتدا تبدیل بسولفات و بعداً باکسید مس میگردد ، ولی سولفات نقره بهمان حال باقی میماند ودردرجه گرمائیکه این عملیات اجرا میگردد تغییرحالت نمیدهد .
برای جدا کردن سولفات نقره از اکسید های مس و آهن و فلزات دیگر ، مواد را داخل آب سرد یاگرم ریخته وسولفات نقره را جدا میکنند . البته آب گرم برای حل کردن سولفات نقره مؤثر ومفیدتر میباشد . پس ازحل کردن سولفات نقره در آب ، آنرا از مواد غیرقابل حل صاف کرده ونقره را از محلول بوسیله آهن اسقاط ویا مس ته نشین نموده وبصورت رسوب در آورده وآزاد میسازند .

موارد استعمال نقره ــ نقره خالص بطور استثنائی ودر موارد بخصوصی بکار میرود ولی مهمترین مورد استعمال نقره که با مس یاطلا تشکیل همبسته میدهد ، در مسکوکات، ودردرجه دوم درساختن ظروف آلات تجملی وقاشق وچنگال وغیره میباشد

نقره باندازه قابل ملاحظه درساختن فیلمهای عکاسی وفیلم سینما که امروزه ازصنایع بزرگ بشمارمیروند استعمال میگردد . دیگراز موارد استعمال نقره در زیور آلات و دندانسازی و آئینه سازی است . درصنایع مختلف ودر کارهای مهندسی ، نقره

بشکل لحیم نقره و پوشش درونی ماشینها و دستگاههای مختلف عکاسی مورد استفاده قرار میگیرد . نقره باطلا ومس تولید همبستههای مختلف، نموده واین سه فلز درمسکوکات ودرساختن جواهرات زیاد بکارمیروند .اخیراً درصنایع اتوموبیل سازی از نقره و کادمیوم همبستهای ساخته شده که مورد استعمال شایانی برای فلز برینگ (Bearing) پیدا کرده است .

طلای سفید (پلاتینم)

بعضی ازفلزاتیکه محتوی طلای سفید بودند درازمنه گذشته بکار میرفتهاند ولی پلاتینم در سده شانزدهم بشکل یك عنصر دیر وسخت گدازی در موادا اولیه وسنگهای معدنی طلا در امریکای مرکزی بوسیله اسپانیولیها شناخته شده و مکتشفین اولیه اسم پلاتینا (Platina) یعنی « نقره کوچك » بآن دادند .

پلاتینم بحالت آزاد طبیعی در سنگهای آذری نیمه قلیائی از قبیل پریدوتیت (Peridotite) وسرپانتین (Serpentine) که در آنها نیز کرومیت ($Cr_2O_3.Fe_2O_3$) و اولیوین (Mg_2SiO_4) بوجود آمدهاند یافت میشود . مهمترین محل پیدایش آن در آب رفتها و مسیلها ، مثل طلا میباشد و موادیکه در اینگونه محلها بدست میآید معمولا محتوی ٦٠ـ٨٠٪ Pt میباشند وبقیه طلا و فلزات دسته پلاتینم از قبیل ایریدیوم رودیوم ـ پلادیوم ـ اوزمیوم ـ روتینیوم هستند :

منابع این عنصر در نواحی اورال در روسیه شوروی ـ در کانادا وایالات متحده امریکا ـ در برازیل ـ در استرالیا و افریقای جنوبی میباشند و محصول سالیانه درحدود ٢٠٠٠٠٠ اونس تروی یا ٦٦٠٠ کیلوگرام است .

خواص فیزیکی ـ شیمیائی ومیکانیکی ـ طلای سفید در بسیاری ازخواص عمومی شباهت زیادی بطلا دارد. مثلا هوا ، چه خشك و چه مرطوب بآن اثر نکرده ومقاومت زیادی در برابر اسیدهای اکسید کننده معدنی و دربرابر گوگرد نشان میدهد ولی در

تیزاب سلطانی وکلر حل شده و مانند طلا تولید املاح مربوطه میکنند.

طلای سفید سنگینترین فلزیست که در صنعت بکار میرود. وزن مخصوص آن ۲۱/٦٤ و درجه گداز آن ۱۷۵۵ سانتی گراد میباشد. خواص چکشخواری، تورق و مفتول شدن را بدرجه نسبتاً اعلا دارا بوده وچون فلز دیر گدازیست، لذا بعنوان ظروف و ادوات در تصفیه طلا و نقره و بشکل بوته و سیم و آلات دیگر در آزمایشگاههای دنیا زیاد بکار میرود. بهای طلای سفید از طلای زرد معمولی بیشتر است. با فلزاتی مانند آهن ومس وطلا تولید محلولهای جامدی نموده و بصورت همبسته درمیآید که سخت تر و محکمتر از همبسته های طلا میباشد.

اصول استخراج

درآغاز اکتشاف، گداختن و بصورت مایع درآوردن این عنصر خالی از اشکال نبود ولی بعداز آزمایشهای زیاد طریقهٔای بدست آمد که آنرا باارسنیک ترکیب نموده و همبستهٔ بوجود میآمد که اوتکتیک آن محتوی ۰.۱۲٪ پلاتینم میبود. ترکیب مزبور در گرمای ۵۷۸ درجه سانتی گراد گداخته شده و بحالت مایع درمیآید. بعداً دراثر ازدیاد درجه گرما، آرسنیک تبخیر وسپس تقطیر شده وطلای سفید بشکل رسوب باقی میماند که آنرا میتوان بوسیله شعله اکسیژن و ئیدروژن و یا درکوره الکتریکی گداخته و تبدیل به مایع نمود. طریقه دیگر که برای استخراج پلاتینم وفلزات دسته پلاتینم بکارمیرود، طریقه «تر» وشیمیائی است و روی این اصل قرار گرفته که عناصر دسته پلاتینم در تیزاب سلطانی حل شده ومحلول مضاعف کلورورآمونیاك راتشکیل میدهند. برای استخراج پلاتینم، مواد معدنی شسته شده و پرعیار شده آنرا خورد کرده و مدت ۲٤ ساعت در تیزاب سلطانی به نسبت ۳ لیتر HCL بغلظت ۲۰ درجه Bé [1] و ۱ لیتر HNO_3 بغلظت ۳۵ درجه Bé [1] برای هریك کیلوگرام مواد معدنی پلاتینم دار حل نموده و محلول را درآن مدت در گرمای ۸۰ درجه سانتیگراد نگاه داشته تا اینکه پلاتینم بصورت نمك مضاعف کلور ورآمونیاك درآید وعناصر ایریدیوم و ازمیوم ته نشین شده وغیرقابل حل باقی بمانند.

---

۱ — baumé

نمك محلول را پس از صاف نمودن بظرف دیگری برده و بان یك لیتر اسید HCl برای هر ٦ ـ ٧ لیتر محلول اضافه میکنند ودر گرمای ١٤٠ ـ ١٥٠ سانتی گراد متدرجاً تبخیر میکنند تا اینکه مابقی ایریدیوم باپلاتینم ته نشین نگردد . پس از خاتمه عمل تبخیر آنچه رسوب میگردد ، صاف کرده و درآب گرم حل نموده و چند ساعتی دراینحالت نگاه میدارند تا اینکه رسوب طلای سفید و طلای زرد هر دو ته نشین شوند .

این رسوب را پس ازصاف نمودن وخشك کردن در تیزاب سلطانی حل نموده وطلا در اثر اضافه نمودن مقداری $HNSO_3$ رسوب میکند و پائین میآید وازمحلول جدا میگردد ؛ آنگاه مقداری HCl اضافه نموده و بتدریج گرما داده تا اینکه غلظت محلول به ٣٠ درجه Bé برسد . دراین حال قدری نمك کلورورد آمونیم بآن اضافه کرده ومدت چهارساعت دراینحالت باز نگاه میدارند تااینکه یك ملح زرد رنگی که عبارت از کلورورامونیاك پلاتینم باشد رسوب نماید . ملح مزبور را پس ازصاف نمودن و خشك کردن در بوته قرارداده و در گرمای ٧٠٠ ـ ٨٠٠ درجه تکلیس کرده ودر نتیجه پلاتینم فلزی بدست میآید .

فصل بیست و ششم
جیوه آرسنیك بیزموت

جیوه

خواص فیزیکی - شیمیائی .. جیوه یگانه فلزیست که در گرمای معمولی بحالت مایع میباشد، زیرا درجه انجماد و بسته شدن آن (۳۹-) و درجه قلیان آن ۳۵۷ درجه سانتی گراد است . جیوه یکی از فلزات سنگین وزن بوده که وزن مخصوصش ۱۳/٦٤ است . هوای خشك و مرطوب در آن اثری ندارد ولی اگر درجه گرمای آن زیاد باشد و به ۲۵۰ درجه سانتی گراد برسد با اکسیژن هوا تولید اکسید سرخ رنگی میدهد که در ۲۷۰ درجه سانتی گراد مجدداً تبخیر میگردد . اسیدکلریدریك رقیق اثری درجیوه نشان نمیدهد ولی اسید نیتریك وسولفوریك قوی و غلیظ و گرم جیوه را حل میکنند سولفور جیوه در اثر گرما و حرارت دادن بعناصر گوگرد و جیوه تجزیه گشته و در استخراج جیوه از مواد اولیه از این اصل شیمیائی استفاده میگردد .

جیوه با اغلب فلزات تشکیل یك سلسله ترکیباتی میدهد که معروف به ملقمه هستند ؛ زیرا جیوه این خاصیت را دارد که با فلزاتیکه میل ترکیبی شیمیائی نشان میدهد ، آنها را بشکل ذرات بسیار کوچك و ذره بینی در خود نگاه میدارد . از نقطه نظر شیمیائی ، ملقمه مخلوط بوده وترکیب نیست زیرا اگر چنانچه ملقمه را در پارچهٔ محکمی مانند پتو یا جیر گذارده و تحت فشار درآورند، قسمت معظم جیوه جداشده واز درون پارچه بیرون میآید وفلز نسبتاً آزادی در پارچه باقی میماند. بطوریکه در مباحث طلا و نقره گفته شد ، بشر هزاران سال این اصل را برای استخراج طلا و نقره بکار میبرده است .

مواد اولیه و سنگهای معدنی

گاهی اوقات مقدار کمی جیوه بحالت آزاد طبیعی بشکل گویچه یا دانه درفلزات

دیگر پیدامیشود ولی تنها ماده اصلی جیوه سولفور آن سینابر (Cinnabar) است که بفورمول HgS_2 میباشد و کلیه محصول دنیا از این ماده استخراج میگردد . رنگ آن سرخ و بوزن مخصوص ۱۸/۵ است . مقدار جیوه در مواد اولیه درجه یك در حدود ۱۵٪ میباشد ولی در ایالات متحده امریکا مواد اولیهٔ ایکه محتوی ۰/۴ـ۰/۵ درصد جیوه میباشند مورد استفاده واقع گردیده‌اند .

مهمترین معادن جیوه در درجه اول در کشورهای اسپانیا و ایتالیا و در درجه دوم در کالیفرنی و مکزیك و جزیره بورنئو (Borneo) واقع گردیده‌اند . محصول سالیانه دنیا در حدود ۵۰۰۰ تن بوده که نصف آن از معادن اسپانیا بدست میآید .

اصول استخراج

استخراج جیوه از تنها ماده اولیه آن سینابر (Hg_2S) بر یك اصل بسیار ساده که عبارت از احیاء بوسیله هوا و تقطیر جیوه میباشد بر قرار گردیده، زیرا وقتیکه Hg_2S درمجاورت اکسیژن هوا گرما به بیند، گوگرد آن بصورت (SO_2) متصاعد میگردد و از بین میرود ، و اگر درجه گرما بالاتر از درجه قلیان جیوه برسد آنگاه بخارات جیوه متصاعدشده را میتوان تقطیر نمود . بنابراین ماده معدنی جیوه در آن واحد که تشویه میشود و گوگرد خود را از دست میدهد احیاء هم میگردد $Hg_2S+O_2=2Hg+SO_2$

استخراج جیوه از مواد معدنی چه در روش قدیم و چه بطور جدید بر یك اصل شیمیائی که در بالا ذکر شد استوار گردیده و اختلافات موجود در شکل ساختمان کوره‌ها و دستگاه تقطیر جیوه میباشند

هر طریقه شامل دو قسمت است: یك قسمت کوره که در آن عمل گرمادادن و احیاء صورت میگیرد .دوم دستگاه تقطیر که در آن بخارات جیوه سرد و تقطیر شده و مبدل به فلز میگردند . طریقیکه در ممالك مختلف تولید کننده بکار میروند از این قرار اند.

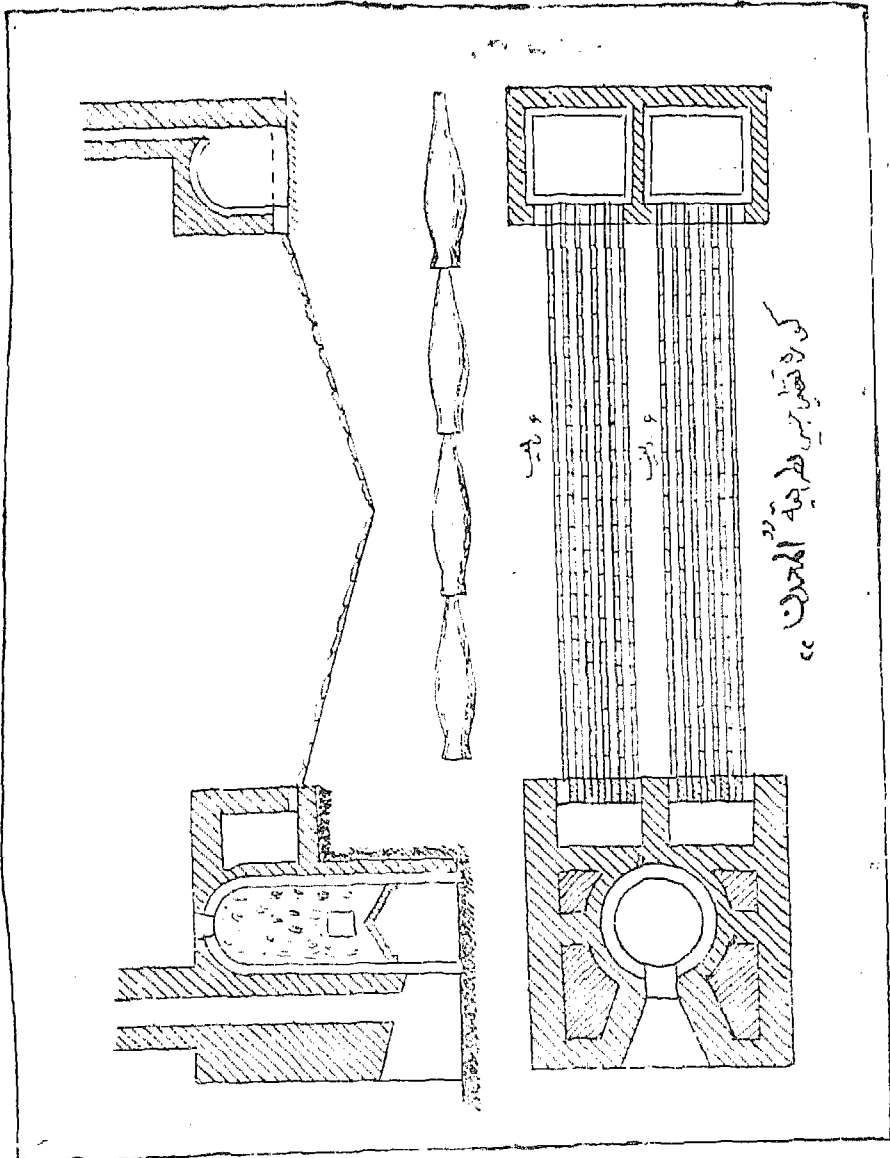
۱ ـ طریقه ایتالیائی یا طریقه (Idria) ـ کوره طریقه ایدریا بشکل استوانه ایست که اجاق و آتش خانه ان در قسمت تحتانی قرار گرفته و روی اجاق بترتیب ۳ سقف قوسی شکل و سوراخ داری که در فواصل معین تعبیه شده بنا گردیده . سقف فوقانی متصل بچندین

اطاق کوچك میباشد که بعنوان دستگاه تقطیر بکار میروند.هر یك از این اطاقها از قسمت تحتانی یافوقانی بطور متناوب بیکدیگر متصل بوده وازاین مجاری اتصال بخارات جیوه جهت تقطیروسردشدن هدایت میشوند .

مواد اولیه جیوه را روی سقف های قوسی بدین ترتیب.اول درشت،بعدمتوسط و آخرریز،گذاشته و آتشی در آتش خانه کوره روشن میکنند . متدرجاً مقدارهوای احتراق رازیادکرده تا محصول احتراق سوخت از سوراخ های سقفهای قوسی بالا رفته و سولفور جیوه راتجزیه نموده وبخارات جیوه متصاعد گردد . بخارات مزبور از منافذی که درجدار کوره بعد ازسقف فوقانی تعبیه شده اند بدرون اطاقهای تقطیر جاری گشته و پس ازسرد شدن از حالت گازی بحالت مایع در آمده و در کف اطاقها جمع میگردد. بیشتر جیوه دراطاقهای اولی تقطیر شده و در اطاقهای سوم و چهارمی دودهٔ جیوه وخاکه آن جمع میگردد .برای اینکه عمل تقطیر بطور کاملی انجام گیرد وگازیکه از اطاقهای آخری بیرون میرود محتوی بخارات جیوه نباشد، دراطاقهای آخری موانعی کارگذارده شده که گاز اجباراً باید ازاین موانع بیرون رود و برخورد بهآب که مثل باران ریزش میکند کرده تامابقی جیوه را باآب به پائین اطاق بفرستند یکی ازمعایب این طریقه این است که این کوره را نمیتوان بطور دائم کار انداخت و پس از هرعمل باید بکلی آنرا خالی نمود وازنو بارکرد .

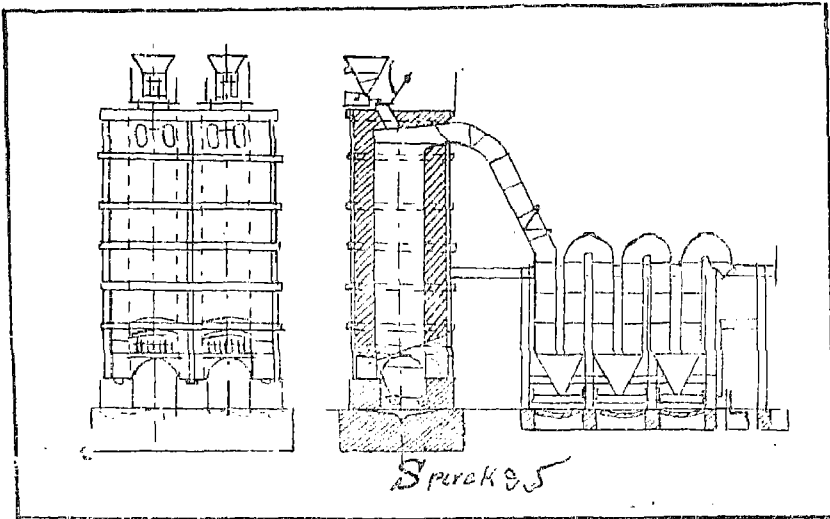
۳ ـ طریقه اسپانیائی یا طریقه‌المعدن(Almaden)ـطریقه نامبرده دراسپانیا متداول است واختلافیکه باطریقه ایتالیائی دارد فقط درشکل کوره و دستگاه تقطیر جیوه میباشد .

کوره طریقه‌المعدن ازیك استوانه تشکیل شده که روی اجاق آن چند دیوار مایل وموربوسوراخ داری ساخته شده است بقسمیکه مواد اولیه نمره یك‌را ابتدا روی آنها گذارده وبعداً یك‌طبقه‌شن وماسه‌روی‌سنك‌سینا بر ریخته وسپس‌مواداولیه‌ریز وخاکه جیوه دار را روی همه میگسترانند . آتشخانه کوره‌راازسوختنی‌مانندچوب یا زغال سنك یا زغال چوب روشن کرده و بتدریج مقدارهوا رازیاد کرده تادرنتیجه احتراق درجه گرما بالا رود وازدرون‌مواد اولیه جیوه بگذرد وبدین وسیله بخارات

جیوه متصاعد شده را از منفذ فوقانی بطرف دستگاه تقطیر هدایت نماید دستگاه تقطیر
جیوه از یکعده ظروف سفالی بشکل تمبوشه‌های گلابی شکل که از دوطرف بیکدیگر

شکل (۲۱٤) کوره تقطیر جیوه بطریقة المعدن (اسپانیولی)

متصل شده وتشکیل زنجیریرا میدهند ترکیب میباشد (شکل بالا) ظروف نامبرده روی
دوسطح مورب وسرازیری که در وسط بایکدیگر زاویه منفرجه میسازند قرار گرفته .

دو تمبوشه‌ایکه در زاویه بهم متصل میگردند منتهی به منفذی میباشند که از درون آن جیوه تقطیر شده در ظرف بزرگی که بلافاصله زیر انود قرار گرفته ریخته و جمع میگردد .

۳ - کورهٔ اسپیرك (Spirek) کوره نامبرده از یك مکعب مستطیل قائم بابعاد ۶×۲×۱ متر ارتفاع از صفحات پولادین پرچ‌شده ساخته‌شده و درون آن از آجر نسوز پوشیده گشته است . تقریباً یکمتر بالاتر از کف قاعده چند عدد میله آهنی موربی کار گذارده شده تا مواد اولیه جیوه‌دار روی آنها قرار گیرد و بعداً خارج کردن آنها بوسیله برداشتن میله‌ها میسر باشد . مواد اولیه که شامل سنگهای درشت سینابر بوده با ۲٪ وزن آنها زغال چوب مخلوط کرده و روی میله‌ها میچینند . سپس کوره را روشن کرده تا

شکل (۲۱۵) کوره اسپیرك و دستگاه تقطیر جیوه

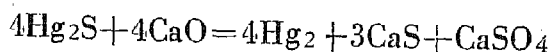
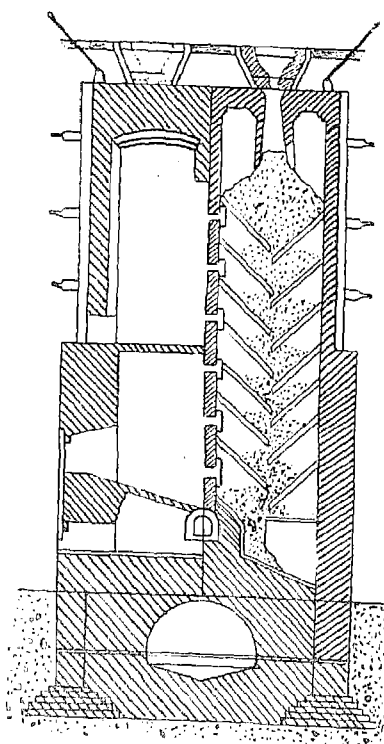
اینکه بخارات جیوه متصاعد گردد . دستگاه تقطیر این کوره از چندین لولهٔ آهنی که بشکل U ساخته شده و در قسمت تحتانی به قیفهای مخروطی شکل متصل است تشکیل شده . قیفهای مزبور روی حوضهای آبی قرار گرفته‌اند برای اینکه جیوه تقطیر شده در آب جمع گردد. در قسمت فوقانی استوانه ، بلافاصله روی منفذ خروجی بخارات متصاعد قیف و درب بارگیری ساخته شده و از این جهت میتوان با این کوره‌ها بطور دائم و مستمر کار کرد ، زیرا مواد اولیه‌را در حین لزوم از بالا وارد کرده و مواد ذوب

و عمل شده را از پائین کوره بیرون برند. ظرفیت کوره اسپیرك در حدود ۱۵ تن در ۲۴ ساعت بوده و مناسب مواد اولیهٔ فقیر میباشد. کوره و دستگاه تقطیر آن در شکل (۲۱۵) دیده میشوند.

۴ ـ کوره اسکات (Scott) کوره اسکات برای استخراج جیوه از مواد اولیه نسبتاً فقیر ایالت کالیفرنی در سال ۱۸۷۶ میلادی ایجاد شد و بعداً خیلی متداول گردید. بطوریکه از شکل (۲۱۶) ملاحظه میشود، مواد اولیه را که در ماشینهای سنك‌شکن شکانده شده و بقطعات ۳/۵ سانتیمتر قطر متوسط در آمده است از قیف و درب بارگیری که بالای کوره تعبیه‌شده بداخل کوره میریزند. مواد روی پله کانهای موربی که از آجرهای کاشی داخل کوره بطور متناوب ساخته شده سرازیر گشته و از پلهٔ به پله بعدی افتاده و بدین ترتیب بطرف پائین کوره میروند ولی در حین سقوط از پله به پله بعدی، مسیر مواد معکوس شده و در نتیجه سطوح تازه‌تری گرما دیده وجیوه خود را از دست میدهند. گرمای لازمه که از احتراق سوخت جامد یا مایع یا گازی در قسمت دیگر کوره حاصل میشود از لابلای منافذ متعددیکه درجدار کوره ساخته‌شده داخل کوره گشته و سولفور جیوه را تجزیه میکنند. بخارات جیوه از قسمت فوقانی کوره خارج شده و بدرون لوله‌های طویلی که از آجر کاشی و سفالی ساخته شده هدایت گشته و جیوه پس از سرد شدن در درون این لوله های سفالی تقطیر میگردد. با این ترتیب کوره را نیز میتوان بطور دائم و مستمر بکار انداخت، زیرا ممکنست مواد را از بالا وارد کوره نمود و از پائین بیرون برد. ظرفیت این کوره‌ها در حدود ۴۰ تن در هر ۲۴ ساعت میباشد.

۵ ـ طریقه قرعی ـ طریقه نامبرده در ایالت کالیفرنی معمول گردیده و مبتکران بنام ماکی (Johnson Mckay) بوده است. قرع از یك لوله چدنی بقطر ۰/۳۰ متر و بکلفتی ۲ سانتیمتر و بطول ۲ متر ساخته شده است که یك انتهای آن متصل به مخروطی است که از درون آن مواد را داخل لوله کرده و انتهای دیگر آن متصل به لوله دیگر بقطر ۸ سانتیمتر بوده و متصل بدستگاه تقطیر میباشد. تعداد شش الی دوازده لوله قرعی را نزدیك هم روی اجاقی ساخته و انتهای کلیه آنها را بیك اطاق تقطیر متصل مینمایند.

آتش‌را در اجاق روشن کرده و گرما را طوری زیاد میکنند که گرمای درون قرع بین ۶۰۰ و ۸۰۰ سانتیگراد باشد. موادیکه محتوی گوگرد آنها زیاد است باقدری سنگ آهك مخلوط میکنند تاعمل احیاءشدن سولفور جیوه سریعتر صورت گیرد.

$$4Hg_2S + 4CaO = 4Hg_2 + 3CaS + CaSO_4$$

۶ ـ طریقه کوره مدور گردان (Rotary furnace)ـ کوره‌های مدور گردانیکه برای این منظور بکارمیروندعیناًمانند کوره‌هائی است که درسیمان‌سازی معمول میباشند و عبارت است از یك استوانه فلزی که با شیب ملایمی در طول طوری قرار گرفته که بخارات جیوه از هیچ منفذی غیر از منفذ خروجی بیرون نیاید و تلف نگردد. ابعاد کوره‌ها نسبت به‌نوع ومقدار مواد اولیهٔ که باید درآنها عمل‌شود تغییر کرده‌و معمولا قطر و طول‌آنها بین ۰/۶ الی ۱/۵ متر و ۱۰ـ۲۵ متر میباشد.

مواد اولیه‌را ابتداء خورد کرده و بوسیله آلت خورندهٔ بداخل کوره برده و سپس کوره‌هارا روشن کرده و به‌چرخش درمی‌آورند. سوخت کوره‌ممکنست گازیا نفت‌سیاه و یا زغال سنگ‌پولوریزه باشد. بخاراتیکه‌از منفذ خروجی بیرون میآیندابتدابه‌اطاقی موسوم به اطاق غبار گیر رفته و بعداً بدرون لوله‌های سفالی که‌سطوح درونی آنها ازآجر کاشی‌مفروش است هدایت‌شده‌تاپس‌از سردشدن تقطیر‌شوند.

استخراج جیوه دراواخر جنگ‌جهانی اول یعنی ۱۹۱۷ ـ ۱۹۱۸ در ایالت کالیفرنی معمول‌شده‌و امروز خیلی متداول است.

مزایای مهم دیگری که برای این کوره‌قائل اند عبارت است از ۱ ـ کمی هزینه ساختمان و نگهداری ۲ ـ صرفه جوئی و سهولت عمل؛

شکل(۲۱۶)ـ کوره اسکات برای تقطیر جیوه

۳ـ نداشتن احتیاج بکارگران زیاد. ٤ ـ ظرفیت زیاد وغیره .

تصفیه جیوهٔ ـ البته جیوهٔ ئیکه بلافاصله پس از تقطیر اولیه بدست میآید ناخالص بوده و ناخالصیهای محتوی برد و نوع اند :

اول ـ ناخالصیهائیکه بصورت کثافات در حین تقطیر جیوه پائین میآیند .

نوع دوم ناخالصیهای فلزی بوده که درجیوه بصورت ملقمه درمیآیند. برای برطرف نمودن هر دو نوع ناخالصیها، جیوه را ابتداء از درون پارچه عبور داده و صاف کرده و بعداً آنرا مجدداً تقطیر مینمایند و یا اینکه با مقداری اسید نیتریك مخلوط کرده و گرما میدهند تا در نتیجه جیوه پاکیزه و تمیزی حاصل شود .

موارد استعمال ـ جیوه را بیشتر در استخراج طلا و نقره و ساختن ملقمه بکار میبرند ولی جیوه در صنایع شیمیائی و برای چاشنی بفورمول($HgC_2N_2O_2$) ورنگ و در دستگاههای الکتریکی و آزمایشگاهها و در گرما سنج و هواسنج و بالاخره در دواجات پزشکی زیاد مورد استعمال دارد .

جیوه را معمولا درشیشههای چدنی یاسفالی که محتوی ۳۵ کیلو گرام جیوه میباشند بفروش میرسانند .

آرسنیك

ترکیبات ارسنیک از منه قدیمه معلوم بوده ولی شرودر (Schroeder) نخستین دانشمندی بود که در سال ۱۶۹٤ میلادی عنصر ارسنیك را از املاح آن آزاد ساخت و بتدریج خواص فیزیکی و شیمیائی این عنصر تحت مطالعه قرار گرفت .

خواص فیزیکی ـ آرسنیك مانند فسفر در چند حالت مختلف و متمایز (الوتروپی) میتواند وجود داشته باشد . در حالت پایدار و ثابت فلزیست برنگ خاکستری پولادی و بسیار شکننده ، مقطع شکستگی آن دارای جلای فلزی بسیار عالی میباشد و در سیستم رومبوهدرال (rhombohedral) متبلور میگردد . نوع دیگر آن کاملا بیشکل (امورف) میباشد . وزن مخصوص نوع متبلور ٥/٧٢٧ و نوع بیشکل ٤/٧١ است .در ٤٥٠ درجه سانتیگراد و در فشار معمولی هوا فوراً تبخیر شده و فرار میشود ولی در تحت فشار زیاد، در ۸۳۰ درجه سانتیگراد گداخته میشود .

خواص شیمیائی ـ علامت شیمیائی آرسنیك As ، بوزن اتمی ٧٤/٩٦ و از شبه فلزات سه والانسی میباشد . در هوای خشك تغییر نمیکند ولی هوای مرطوب رنگ و جلای فلزی آنرا از بین میبرد و سطح آنرا متدرجاً ازیك قشر نازك اکسید As_2O_3 میپوشاند. درهوا و درمجاورت اکسیژن باشعله آبی مایل بسفید رنگی میسوزد و دود غلیظ سفیدیکه از اکسید ارسنیك ترکیب یافته و بوی سیر را میدهد از خود منتشر میسازد .

آرسنیك در اسیدسولفوریك غلیظ حل شده ولی در نوع رقیق آن بی اثر میماند . اسید کلریدریك در مجاورت هوا متدرجاً آرسنیك را حل کرده و آنرا مبدل به کارور آرسنیك مینماید . اسید نتیریك، آرسنیك را در خود حل کرده و املاح آرسنور و آرسنیك میسازد . آرسنیك فلزی با نیترات دوپتاس یاکارات دوپتاس تولید املاح آرسنات دوپتاس میکند که در کشاورزی استعمال مهمی دارند .

مواد اولیه و سنگهای معدنی آرسنیک ـ منابع اصلی آرسنیک عبارتنداز :
۱ـ سنگهای معدنی ۲ـ محصولات درجه‌دوم فلزات دیگر که درمواد اولیه‌آنها این عنصر بشکل ناخالصی موجود بوده و در حین‌استخراج‌آنها باید گرفته شود .
سنگهای معدنی‌آرسنیك عبارتند از : آرسنیك‌آزاد طبیعی که همیشه بهمراهی عناصری ازقبیل سرب وآنتی‌موان و نقره‌میباشد. ۲ـ آرسنوپیریت یا (Mispickel) بفورمول (FeAsS) . ۳ـ سولفورهای آن موسوم‌به ریالگار (Realgar) بفورمول As_2S_2 واورپیمنت (Orpiment) بفورمول As_2S_3 .آرسنور فلزات‌دیگر ازقبیل مس ـ سرب ـ نیکل و غیره میباشد .
کشورهای تولید کننده آرسنیك از مواد معدنی عبارتند از نوواسکوشیا (Novascotia) درکانادا ـ ژاپون ـ ایالات متحده امریکا ـ آلمان ـ اتریش ـ ایران در ناحیه‌کردستان ٠

اصول استخراج

احیاء نمودن‌آرسنیک از تری اکسیدانAs_2O_3 ،دریك‌روش شیمیائی سهل و ساده‌ای‌صورت میگیردوفلزیکه‌محتوی۹۹/۵٪ آرسنیک میباشد بدست میآید .
باریکه‌از۷۵٪ As_2O_3 و۲۵٪ زغال‌چوب‌تشکیل‌شده‌دریکدستگاه‌مخلوط کننده گردانی قرارداده‌که کاملامخلوط‌شوندو بعدآنراداخل‌یك کوره‌احیاء‌میکنند. کوره‌های احیاءآرسنیک معمولا از یك لوله پولادی بطول۲متر و بقطر۵سانتیمتر ساخته‌شده و سطح خارجی‌آنها ازعایق نسوزی‌پوشیده‌شده است‌وفیمابین‌آنهاژاکت پولادی دیگری قرارگرفته ؛ یعنی لوله اصلی که عایق شده درون یك لوله بزرگتری جایگرفته‌است که درفضای خالی‌آن‌بخارآب جریان‌دارد . قسمت انتهاء لوله احیاء متصل به‌دستگاه‌تقطیر میباشدکه بخارات آرسنیک را تقطیر میکنند .

تهیه آرسنیک‌سفید ـ میتوان گفت که کلیه‌آرسنیک تجارتی که در بازارهای دنیا عرضه میگرددبصورت تری‌اکسید(AS_2O_3) میباشدولی‌اسم آرسنیک اطلاق‌به اکسیدان میگردد ونه‌به‌فلز اصلی . طرز استخراج‌آن ازاینقرار است :
آرسنیک خالص در دومرحله بدست‌میآید : ۱ـمرحله‌بدست‌آوردن‌آرسنیک

خام که محتوی ۷۰٪ As بوده وموسوم به آرسنیک سفید است

۲- خالص کردن آرسنیک خام از ۷۰٪ به ۹۱۸۰٪ (As)

دستگاه استخراج شامل چهار کوره تشویه کننده از نوع ماک دوگال (McDougall) بوده که بترتیب بیکدیگر متصل میباشند.

کورهٔ اولی طبق معمول کوره تشویه شناخته شده و مواد اولیه آرسنیک که باید تشویه شوند از بالا داخل شده و قسمت بقسمت پائین میآید و بوسیله دو مشعل یا دو آتش خانه گرمای درونی کوره تشویه را به ۶۵۰ درجه سانتیگراد میرسانند.

دستگاه های دیگر یعنی ۲-۳-۴ عیناً مانند اولی بوده جز اینکه درون آنها خالی وفقط در قسمت تحتانی نزدیک به قاعده یک عده پاروهای میکانیکی برای هم زدن غبارات که در ته میافتند موجود است. غباراتیکه از قسمت دستگاه اولی خارج میگردند بداخل دستگاه دومی آمده و برخورد بموانعی که در وسط دستگاه تعبیه شده کرده و یک مسیر طولانی را طی میکنند. بالاخره از منفذ فوقانی چهارمی بیرون رفته و داخل اطاق غبار گیر میشود. گاز اکسید آرسنیک در این مسیر طولانی سرد شده و دریکی از این دستگاهها تصفیه میگردد وعاقبت بصورت جامد در آمده و دراینحالت در کف آنها جمع میگردد.

۲- پس از آنکه بمقدار کافی اکسید آرسنیک بدست آمد آنرا جمع نموده وبدرون یک کوره شعلهٔ کوچکی انتقال میدهند. مشخصات این کوره عبارت است از یک صفحه چدنی و دو آتشخانه. صفحه مزبور طوری ساخته شده که هم از بالا و هم از پائین گرم میشود و حرارت میبینند. در هر صورت مقدار گرما را باید طوری تنظیم نمود که از ۵۵۰ درجه سانتیگراد تجاوز نکند. اطاقهای تقطیر نیز باین کوره متصل است و در آنها گازهای آرسنیک پس از سرد شدن تصفیه گشته و جمع آوری میشوند.

موارد استعمال - مقدار کمی آرسنیک را بسرب یکه برای ساختن ساچمه بکار میبرند اضافه مینمایند که شکل آنرا کاملا گرد و کروی بنماید. مقدار کمتری آرسنیک به پولاد اضافه میشود که بآن خواص صیقل گرفتن را بدهد. بعضی معتقدند که اگر در مس مقدار کمی آرسنیک باشد خواص آن مس از مس خالص بهتر خواهد بود. قسمت عمده استعمال آرسنیک برای ساختن آرسنات دو سدیم و آرسنات دو کلسیم است که برای

دفع آفات کشاورزی وموشهای صحرائی وغیره بکارمیبرند . آرسنات کلسیم بیشتر برای از بین بردن آفت های پنبه استعمال میشود . در درجه کمتر آرسنیك را در داروهای پزشکی بکارمیبرند و اما نوع خالص آن هیچگونه استعمال صنعتی ندارد .

طرز ساختن آرسنات کلسیم - تری اکسید آرسنیك As_2O_3 را بوسیله اسید نیتریك به اسید آرسنیك مبدل کرده و بعداً بااضافه نمودن مقداری سود محرق به اسید آرسنیك ارسنات دوسود بدست میآید .

سپس ملح مزبور را با آهك مخلوط کرده و در نتیجه آرسنات کلسیم رسوب میکند و بشکل گرد برای ازبین بردن آفات نباتات و مزارع بکار میرود .

آرسنیك ایران

معدن زره شوران که کلیه محصولات آرسنیك ایران از مواد اولیه آن بدست میآید در ۲٦ کیلومتری شرقی تکاپ و در ۲۳۰ کیلومتری تهران واقع شده است .

مواد معدنی که در این معدن بطرز قدیم استخراج میگردد عبارتند از :

سولفورهای ریالگار واورپیمنت که در سر معدن پس از سنگ جوری بانواع زیر درجه بندی میگردد .

زرنیخ شاخه‌ای	محتوی ۱۰٪	As	و ۳۹٪ گوگرد
زرنیخ پولادی	»	٥۹٪ As	و ۳۸٪ »
زرنیخ نوع درهم	»	٤۰٪ As	و ۱٦٪ »

آثار مواد معدنی آرسنیك تا شعاع ٥۰۰ متری اطراف معدن مشاهده میگردد و ذخیره این معدن تا کنون تعیین نگردیده است .

مواد استخراج شده را بکارخانه سم‌سازی کرج که تحت وزارت کشاورزی اداره میشود فرستاده وکلیه آن بمصرف ساختن سم جهت دفع نباتات میگردد .

بیزموث

خواص فیزیکی و شیمیائی - بیزموث فلزیست بسیارسخت وشکننده، برنگ مخصوص قرمزمایل بسفیدی ودارای جلای فلزی بسیارعالی میباشد . این عنصر شباهت زیادی به انتی‌موان فلزی دارد وفقط دررنگ از آن تشخیص داده میشود. مشخصات مهم آن بشرح زیر است :

وزن مخصوص آن درحالت جامد ۹/۸۲ ؛ درحالت مایع وگداخته ۱۰/۰۵ ویکی ازفلزاتی است که پس از انجماد منبسط شده وبحجم آن ٪۲/۵ افزوده میگردد . مقطع شکسته‌گی آن متبلور وازنوع هکساگونال است. در۲٦۷ درجه گداخته شده و در ۱٤٤٤ درجه سانتیگراد بقلیان درمیآید . هدایت گرمائی آن فقط ٪۱/۸ نقره وهدایت الکتریکی آن ٪۱/۱۹ نقره میباشد .

علامت شیمیائی آن (Bi)، بوزن اتمی ۲۰۸ ودر گرمای معمولی، هوا ورطوبت چندان تأثیری در آن ندارند ولی اگر درمجاورت اکسیژن وهوا گرماداده شود، سطح بیزموت فلزی ازیك غشاء باریك اکسید سیاه رنگ آن (Bi_2O_3) پوشیده میگردد و کدر میشود . بیزموت فلزی با شعله آبی رنگی درگرمای سرخ میسوزد و تبدیل به اکسید (Bi_2O_3) میگردد . در گرمای سفید، بیزموت بخار آب را تجزیه میکند این عنصر مستقیماً باکلر - برم و یود در آمیزش شیمیائی در آمده و تولید املاح مربوطه رامینماید . اسید های HCL وH_2SO_4 چه رقیق وچه غلیظ وسرد بیزموت را حل نمیکنند ولی اگر گرم باشند آنرا بتدریج درخود حل مینمایند . دراسید نیتریك و تیزاب سلطانی چه سرد وچه گرم بسهولت حل میشود . بیزموت گداخته بسآسانی با گوگرد ترکیب شده و تولید سولفور (Bi_2S_3) مینماید .

منابع ومواد اولیه - بیزموث ازدو نوع منبع اصلی بدست میآید وآنها عبارتنداز ۱ - مواد اولیه و سنگهای معدنی طبیعی ۲ - محصولات فرعی که از استخراج فلزات

اصلی حاصل میشوند ودرآنهامقادیر معتنابهی بیزموت بطورناخالصی وجوددارد .

۱ ـ سنگهای معدنی بیزموت بمقادیروکمیت های قابل استخراج در آلمان ـ اتریش ـ اسپانیا ـ شیلی ـ پرو ـ بولیوی ـ مکزیك ـ ایالات متحده امریکا ـ چین ـ ژاپون واسترالیا یافت واستخراج میگردند .

بیزموت درقشرزمین هم بحالت آزاد طبیعی وهم بحالت اکسید وبحالت سولفور وتلور، دررگه های فلزات دیگر از قبیل قلع ـ کبالت ـ نقره ـ طلا ـ مس ـ سرب و انتی‌موان بوجودآمده است .

۲ ـ بیزموت بمقادیرکم دربسیاری ازسنگهای معدنی فلزات مهم موجود است که درحین استخراج آنها دریک مرحله این‌عنصررا باید جدا نمود . مهمترین‌اینگونه محصولات درجه دوم وفرعی عبارتند از سرب نقره دارکه درطریقه پاتینسون عمل میگردد . ۲ـ درلیتارژ ودرکف کوره های کوپلاسیون که از سرب اشباع شده‌اند ۳ـ دراشپایس نیکل و کبالت. ٤ـ درلجن‌انود که‌در کف‌حوضچه‌های‌الکترولیز سرب ـ مس و قلع باقی میماند .

اصول استخراج

این عنصر را میتوان ازمواد اولیه بوسیله احیاء بطریق‌ترشیمیائی یاروش‌آتشی و یا هر دو بدست آورد . مراحل مختلف استخراج آن شامل :

۱ ـ گداز در کوره ۲ ـ حل کردن مواد اولیه در یک نوع محلل .

۳ ـ تصفیه‌الکتریکی،میگردد که بشرح زیراست .

۱ ـ استخراج بطریقه آتشین . سابقاً که معادن بیزموت تازه مکشوف شده‌بود وبیزموت‌آزاد طبیعی دردست رس بود،آنرا مانندانتی‌موان در بوته‌آب میکرده و وعمل لیکواسیون (Liquation) را انجام میدادند ولی رفته رفته که مواد اولیه در کیفیت و کمیت کم‌شد،طرزاستخراج‌تغییر کرد؛ زیرابعداًلازم‌شدمواداولیه‌راابتداتشویه نموده وبعداً بامقداری موادگدازآورمناسب مخلوط کرده ودرکوره شعله کوچکی یا بوتهٔ باکك و یا زغال چوب بگدازند . بعداً موادگداخته را در قالب ریخته و پس از انجماد و بسته‌شدن قسمت فلزیرا از قسمت سربارهٔ و خاکی جدا نموده و سپس آنرا

تصفیه نمایند تا اینکه بیزموت نسبتاً خالصی حاصل شود .

۳ ـ استخراج بطریقه «تر» شیمیائی ـ مواداولیهٔ که بصورت اکسید یا کربنات بوده در ماشینهای سنگ شکن و آسیا خورد و ریز کرده و باندازه‌های ۰/۲۵ میلیمتر قطر درآورده و درظروف گلی یا پورسلانی با اسید کلوریدریك مخلوط کرده ودر آن حل میکنند . معمولا اگر بیزموت در حالت آزاد طبیعی باشد و یا درون همبستهٔ باشد آنرا در اسیدنیتریك یا در تیزاب سلطانی حل میکنند .

پس از حل کردن و اضافه نمودن آب، آنرا گرم کرده تا اینکه رسوبات ته نشین شوند و جدا کردن این دو ازهم بوسیله صافیها امکان پذیر باشد . اینعمل مجدداً تکرار میشود تا اینکه سرب محتوی برطرف گردد . بعداً رسوباترا خشك کرده و با زغال و مقداری کربنات دوسود و کربنات کاسیم گداخته و یك نوع بیزموت فلزی ناخالصی نتیجه میگردد .

۳ ـ تصفیه الکتریکی ـ برای جدا نمودن بیزموت ازهمبسته‌های آن تجزیه الکتریکی درمحلول الکترولیت فلوسیلیکات سرب و اسید فلوسیلیسیك صورت میگیرد . انودها رااز همبستهٔ که محتوی بیزموت میباشند ریخته و کاتود ها را از صفحات سرب خالص میسازند . دراین الکترولیز ، سرب از انود جداشده و روی کاتود سربی رسوب میکنند وبیزموت همچنان روی انود باقی میماند. بعد ازآنکه قسمت معظم سرب گرفته شدانودها راازحوضچه بیرون آورده، شسته ، ودر کوره کوچکی میگدازند .محصولیکه بدست میآید بیزموت خالص نبوده و درحدود ۱۰٪ سرب خواهد داشت .

۴ ـ تصفیه نهائی ـ محصولاتیکه از گدازمواد اولیه بدست میآیند درحدود ۲ الی ۱۰٪ ناخالصی داشته که مهمترین آنها شامل فلزاتی مانند سرب ؛ آرسنیك ؛ انتیموان ؛ گوگرد ؛ سلینیوم ؛ تلوریوم ؛ آهن و نقره میباشند و البته فلـزی که این همه ناخالصی دارد نمیتوان بمنظوری بکار برده شود .

روش تصفیه که در این مورد بکار میرود عبارتست از گداز مجدد تا اینکه در هر مرحله یك یا چند عدد از ناخالصیهای مزبور دفع گردد و ازبین برود . مثلا گداختن بیزموت فلزی ناخالص با گوگرد ، فلزاتی ازقبیل مس و نقره رابصورت مات درمیآورد که میتوان آنها را جدا کرد . گداختن بعدی آن با سود محرق عناصری از

قبیل Sb , Zn , As , Se, Te را از بین میبرد. و بالاخره گداختن بیزموت باروی میتوان طلا و نقره را از بیزموت کاملا جدا نمود تا بالاخره بیزموت ٪۹۹/۵ بدست آید.

بیزموت خالص فلزیرا بشکل میله‌هائی بوزن ۱۲ کیلو گرام میریزند ویا بصورت املاح و همبسته درآورده و در بازارها عرضه میدارند.

موارد استعمال - بیزموت فلزی خالص هیچگونه استعمال صنعتی و مهندسی ندارد ولی از این عنصر همبسته‌های متعدد و مفیدی که خاصیت زودگدازی دارند یعنی در گرمای کمتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد گداخته میشوند میسازند. مقداری از این عنصر به همبسته‌های فلزات دیگر اضافه شده تا درحین انجماد از انقباض شدید آنها بکاهد. مهمترین همبسته‌های زودگداز بیزموت در جدول زیر داده شده است.

جدول (۳۸)

اسم همبسته	عناصر ترکیب کننده بقسمت				درجه گداز
	بیزموت Bi	سرب Pb	قلع Sn	کادمیم Cd	
فلز نیوتن (۱)	۲	۵	۳	—	۹٤/۵ درجه سانتیگراد
فلز روز (۲)	۲	۱	۱	—	۹۳/۷۵ « «
فلز لیشتن برگ (۳)	۵	۳	۲	—	۹۱/٦۹ « «
فلز وود (٤)	٤	۲	۱	۱	۷۱/- « «
فلز لیپوویتز (۵)	۱۵	۸	٤	۳	٦۰/- « «

همبسته‌های بالا در کارهای لحیم کاری؛ ملقمه؛ دندانسازی (پر کردن دندانها) در گراورسازی، در سکه، پول و مدال و برای فتوالکتریك و سفید کردن آئینه و آئینه سازی زیاد بکار میروند.

ولی مهمترین موارد استعمال املاح بیزموت در دواجات و داروهای پزشکی میباشد: مقدار کمتری درعکس برداری از بدن انسان با اشعه X استعمال میشود ولی در این گونه املاح بیزموت؛ آرسنیك و یا تلوریوم نباید بهیچوجه وجود داشته باشد.

---

۱ - Newton ۲ - Rose ۳ - Lichtenberg ٤ - Wood ۵ - Lipowitz

فصل بیست و هفتم

انتی موان

تاریخچه - انتی موان یکی از فلزات قدیمه است که از آغاز تاریخ بر بشر معلوم بوده وقدما آنرا در داروهای پزشکی و تجمل وزینت زنان، مخصوصاً در رنگ کردن ابروان (سرمه) بکارمیبردند . در بعضی از حفریات و کاوشهای تاریخی ظروفی پیدا شده که دلالت بر آشنائی قدما به اصول و طرز استخراج این فلز از مواد اولیه آن مینماید .

اولین دانشمندانیکه راجع بطرق استخراج و گداز انتی موان ازمواد اولیه و تهیه املاح مختلف آن اطلاعات و دستوراتی داده اند بازیل ولانتین Basil Valentine کشیش آلمانی و اگریکولا (Agricola) مؤلف اولین کتاب متالورژی میباشند که هردو در سده پانزدهم میلادی در اروپا زندگانی میکردند . انتی‌موان را در همان زمان برای فلز چاپ و آئینه سازی ورنگ استعمال مینمودند . درسده شانزدهم آنراجهت ساختن بعضی دواجات پزشکی بکار برده‌اند . رسوب دادن انتی موان از موادمعدنی سولفوران بوسیله فلزآهن در بعضی از نوشته جات علمی سده هفدهم ذکرشده و در سده هیجدهم طریقه تشویه و احیاء آن مستعمل بوده است . بالاخره ذوب و گداز انتی‌موان ازمواد اولیه درکورهٔ ایکه امروزمعمول است درسده نوزدهم اکتشاف شده و در سال ۱۸۹٦ میلادی انتی موان فلزی که از طریق تجزیه الکتریکی بدست آمده بود به بازارهای فلزات دنیا عرضه گشته است .

حالتهای مختلف انتیموان - مانند فسفر و ارسنیك، انتیموان دارای چندین حالت مختلف ومتمایز (Allotropy) بوده که عبارتند از :

۱ـ انتیموان فلزی ـ اگرخالص باشد برنگ سفید نقره‌ای قدری مایل به آبی بوده ودارای جلای فلزی درخشانی میباشد ولی درعوض بسیارشکننده و دربلورهای

هکساکونال متبلور میگردد . وقتیکه از حالت مایع گداخته بتدریج زیر یك لایه ازسرباره سرد میگردد ، سطح منجمد شده آن از بلورهای درشت و بزرك که شباهت زیادی به برگ درخت سرخس دارند تشکیل میگرددو آن ستارهٔ انتی موان میگویند.

۲ـ انتیموان قابل انفجار ـ این نوع انتیموان از تجزیه الکتریکی در محلول کلوریدبروم بدست میاید واگرهراینه مقداریازآنرا دریك هاون بکوبندشدیداً منفجر میگرددو گرمای زیادی پس میدهد . این نوع انتیموان پایدارنبوده وبسهولت بصورت انتیموان فلزی پایدارتغییرحالت میدهد .

۳ـ انتیموان سیاه ـ این نوع بی شکل (امورف) انتیموانبوده که در موقع سردشدن بخارات وغبارات آن حاصل میشود . حساسیت وتأثیرات شیمیائی آن بمراتب بیش از انتیموان فلزی میباشد ودر گرمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به انتیموان معمولی تغییرحالت میدهد .

٤ ـ انتیموان زرد ـ ناپایدارترین حالتهای مختلف انتیموان نوع زرد آن بوده که شباهت به فسفر سفید وارسنیك زرد دارد وازآمیزش شیمیائی اکسیژن وهیدرات الومی‌نیم در ۹۰ درجه سانتی گراد بوجود میاید.نوع نامبرده فقط از نقطه نظر بررسیهای علمی وشیمیائی مفید بوده وهیچگونه مورد استعمال صنعتی ندارد .

خواص فیزیکی وشیمیائی ــ انتیموان فلزی است مانند نقره سفید ولی خیلی شکننده و بسهولت بصورت گرد درمیاید . وزن مخصوص آن ٦/٥ و در ۶۳۰ درجه سانتی گراد گداخته شده و در ۱٤۳۰ درجه بقلیان درمیاید . همیشه بشکل هم بسته با فلزاتی مانند سرب ؛ قلع و مس بکار میرودونوع خالص آن فقط برای بررسی وتفحصات علمی درآزمایشگاه مورد استعمال پیدا میکنند .

علامت شیمیائی آن (Sb)،بوزن اتمی ۱۲۰/۲ و یك عنصر ۳ والانسی میباشد . دراغلب خواص شیمیائی شباهت زیادی به ارسنیك دارد و نزدیك به فلزات دسته روی وژرمانیوم میباشد . در گرمای معمولی اکسیده گشته واگردرجه گرما بالا رود بسهولت به تری اکسید (Sb_2O_3) مبدل میگردد. اکسید های فلزی که بآسانی اکسیژن خودرا ازدست میدهند مانند MnO_2 و PbO_2،انتیموان را اکسیده کرده و تبدیل به (Sb_2O_3)

مینمایند . جوهر گوگرد رقیق چندان اثری بهانتیموان ندارد ولی نوع غلیظ و قوی آن آنرا بصورت سولفات درمیآورد . جوهر نمك فقط میتواند انتیموان گرد را حل کند ، ولی جوهر شوره غلیظ تولید تری اکسید (Sb_2O_3) میکند . تیزاب سلطانی بهترین محلل انتیموان بشمار میرود زیرا آنرا تبدیل به پنتاکلرور انتیموان میکند . این عنصر باکربنات و نیترات دوسود مخلوطی بوجود میآورد که در اثر روشن شدن منفجر میگردد .

ترکیبات بازرگانی انتیموان :ـ

۱ـ سفیداب انتیموان ـ یا تری اکسید انتیموان که بشکل گرد سفید بسیار نرمی درمیاید . ازمجاری ومنافذ دودکش کوره هائیکه درآنهامواد اولیه انتیموان که بشکل گداخته میشوند بدست میاید ودرصنعت بشکل ماده اصلی رنگها یعنی (Pigment) زیاد بکارمیرود .

۲ ـ انتیموان سیاه ـ انتیموان فلزی که از طریق تجزیه الکتریکی والکترولیز املاح انتیموان حاصل میشود بصورت رسوب سیاه رنگی میباشد ؛ این نیز در صنایع رنگ بکارمیرود .

۳ ـ انتیموان سرخ (شنگرف)ـ تری سولفور سرخ رنگ انتیموان (Sb_2S_3) است که از رسوب دادن املاح انتیموان بوسیله (H_2S) بوجود میاید و بشکل ماده اصلی رنگ درصنعت رنگ سازی بکارمیرود . خواص این جسم ازسرنج (Pb_3O_4) و کرمات سرب وحتی مرکورروزهم بهتراست .

۴ ـ انتیموان زرد ـ این ماده ازاکسیداسیون تدریجی و بطی سولفورانتیموان نتیجه میشود واگرآنرا باسرنج وسفیداب روی (ZnO) مخلوط نمایند میتوان انواع مختلف رنگهای زرد را ساخت .

۵ ـ انتیموان آبی ـ انتیموان آبی یا بنفش از مخلوط نمودن انتیموان های بالا با ترکیبات معدنی دیگر بدست میاید .

مواد اولیه انتیموان

مهمترین سنگ معدنی انتیموان سولفوران میباشد که دراصطلاح کانی‌شناسی

به‌استیبین یااستیب‌نایت (Stibnite) و بفورمول(S_2bS_3)معروف‌میباشدو کلیه‌محصول انتیموان دنیا از این ماده طبیعی استخراج میگردد . مهمترین طرق استخراج این‌فلز ازمواد اولیه‌روش خشك و آتشین است ، اگرچه طرق «تر»وشیمیائی‌وحتی‌الکتریکی تا درجهٔ ای درفرانسه و ایالات متحده امریکائی عملی شده ولی بجهاتی عمومیت پیدا نکرده و همه جا معمول نمیباشند .

اصولا سولفورمعدنی انتیموان که محتوی فلزی‌آن‌زیاداست‌به « انتیموان خام» وانتیموان فلزی تصفیه شده را به « رگولاس »(Regulus) مینامند . در حقیقت واژه رگیولاس باید برای انتیموان ناخالص ومات آن بکاربرده شود ولی در بورس فلزات و نزد بازرگانان این واژه فعلابه انتیموان تصفیه شده اطلاق میگردد . رگیولاس که بمعنی « شاه کوچك » است ازاین لحاظ بانتیموان‌داده شده که میتواند اثرات عجیبی درطلا بوجود آورد . یعنی اگر بمقداریك ده‌هزارم درطلا موجود باشد اغلب‌خواص میکانیکی آنرا از بین میبرد وطلا را از ارزش فنی ومادی میاندازد .

طرق ومراحل مختلف استخراج انتی‌موان

۱ـ تهیه مواد اولیه بمنظور بدست آوردن انتیموان فلزی :

الف)گداختن (لیکواسیون) انتیموان « خام » ۱ـ در بوته . ۲ـ درلوله .

۳ـدر کوره های شعلهٔ ای .

ب) تهیه تترا اکسید(Sb_3O_4) پایدار انتیموان در کوره های‌شعلهٔ

ج) تهیه تری اکسید (Sb_2O_3) فرار (ناپایدار) بطرق هرن‌اشمیت‌وشاتییون و غیره .

۲ـ طرق استخراج انتیموان فلزی .

د) احیاء نمودن اکسیدهای تتراویاتری (چهارگانه یا سه گانه) در کوره شعلهٔ یاکوره واترژاکت و یا در بوته .

ه) استخراج بوسیله گدازمستقیم موادواولیه معدنی درکوره شعله یاواترژاکت

۳ ـ تصفیه انتیموان ناخالص در بوته و یا درکوره شعلهٔ مخصوص .

اینك بشرح هریك ازمراحل میپردازیم .

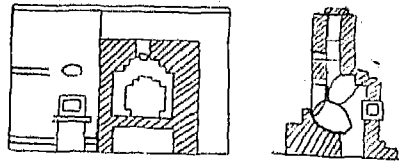
۱ ـ الف آب کردن (لیکواسیون) انتیموان خام.

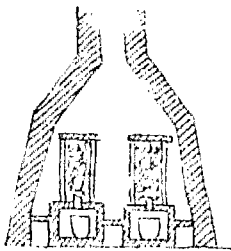
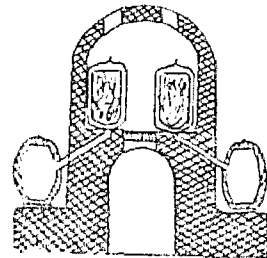
اولین طریقه و مرحله استخراج انتیموان فلزی از مواد اولیه تحصیل انتیموان «خام» بطریقه سادهٔ لیکواسیون (Liquation) میباشد و بدین لحاظ سنگهای معدنی انتیموان که محتوی (Sb_2S_3) آنها درحدود ۹۰٪ است به انتیموان «خام» نامیده شده اند ، ولی سنگهای معدنی که محتوی (Sb_2S_3) آنها کمتر از ۶۰٪ ولی بیش از ۴۵٪ است از طریقه لیکواسیون مبدل به انتیموان « خام » میگردند .

مواد اولیه را ابتداء خورد کرده و باندازه گردو ، نه بزرگتر و نه کوچکتر درمیآورند زیرا درصورت بزرگتر درجه گرمای عملیات کافی نمیباشد که کاملا بدرون آنها نفوذ کند ودرصورت کوچکتر ، دانه ها بهم نزدیك تر بوده وبهم میچسبند ومانع ادامه عملیات میگردند . درجه گرمای مناسب برای لیکواسیون باید در حدود گرمای سرخ یعنی ۴۰۰ ـ ۴۵۰ درجه سانتیگراد باشد وازاین حد نباید تجاوز کند و اگرنه مقداری از سولفور انتیموان تبخیر شده واز بین میرود .

در کشور چین که مهمترین تولیدکننده انتیموان میباشد ، عمل لیکواسیون را در بوته های مختلف انجام داده وبوته ها را یا مستقیماً روی آتش میگذارند ویااینکه بوسیله شعلهٔ آنها را گرم میکنند .

آب کردن انتیموان « خام » در بوته ها بطورمتناوب؛ ودرلوله های مخصوص و کوره های شعلهٔ بطوردائم ومستمر انجام میگیرد .

لیکواسیون متناوب در بوته عملی است بسیار ساده و خیلی قدیمی و اغلب در محل استخراج مواد اولیه از قشرزمین یعنی درسر معدن عمل میشود ؛ مخصوصاً اگر سوخت ارزان و کافی در دسترس باشد . معمولا یك اجاق سادهٔ ساخته و دو بوته که رویکدیگر قرار گرفته اندودرشکل (۲۱۷)دیده میشوندروی اجاق میگذارند. در بوته اولی مقداری انتیموان غنی گذارده و آنرا روی بوته دومی میگذارندو متدرجاً گرمای کوره را زیادکرده تا انتیموان فلزی قطره قطره در بوته دومی جمع گردد . معمولا بوته ها را درردیف ۲۰ـ۳۰ عددی درکوره های همجوار میسازند و با هر یك بطور

(شکل ۲۱۷) لیکواسیون در بوته بطرزیکه در کشور چین معمول است

متناوب کار میکنند . بوته فوقانی که در آن مواد اولیه جای میگیرد و از گل نسوز ساختهٔ شده بظرفیت ۵ـ۱۵ کیلو گرام بوده و بوته دومی که همیشه داخل اجاق کوره وروی خاکستر میماند،از گل خاك رس مانند گل کوزه گری ساخته شده است مدت لازم برای گداز بار در هر بوته بر حسب وضعیت ،از ۳ـ۱۰ ساعت تغییر میکند . پس از خاتمه عملیات،محتویات هردو بوته را خالی کرده و بوته فوقانی را اگر سالم باشد مجدداً بار میکنند . عادتاً در حدود ۱۲٪ بارپس میماند که از آن بعداً اکسید سفید انتیموان میسازند . برای اینکه بازده زیادتر شود وازمصرف سوخت کم گردد بوته های دومی را که در آنها انتیموان فلزی جمع میشود در خارج کوره طبق شکل زیر قرار میدهند . یکی از مزایای این طرز لیکواسیون این است که میتوان هر آن محتویات بوته های خارجیرا خالی کرد .

(شکل ۲۱۹) لیکواسیون در لوله های چدنی بطور دائم

(شکل ۲۱۸) لیکواسیون بطرز جدید

طریقه لیکواسیون دائم ـ برای اینکه عمل آب کردن انتیموان خام وجمع کردن آن در بوته ها بصورت دائم انجام گیرد ، بوته ها رامبدل به لوله های چدنی کرده ودر کوره مخصوصی که در شکل (۲۱۹) ملاحظه میگردد قرارمیدهند .

لوله های چدنی کم وبیش استوانهٔ شکل و بطول ۰/۹۰ متر و قسمت دهانه آن بقطر ۲۵ و قسمت قاعده ۱۸ سانتیمتر است ۰کلفتی لوله ها درحدود ۲ سانتیمتر و در

کف آنها منفذی تعبیه شده که ازدرون آن ممکن است مواد باقیمانده وعمل نشده را اخراج کرد . بلافاصله زیر لوله ها ودرزیر اجاق بوته هائی کارگذارده شده که درآنها انتیموان فلزی جمع میگردد و همینکه پرشدند بیرون آورده و در ظرف دیگری جمع میکنند .

مقدار بار درهر لوله درحدود ۲۵۰ کیلوگرام سولفورانتیموان معدنی است،و مدت لازم برای آب کردن ولیکواسیون بین ۳ـ۴ ساعت میباشد . دراین طریقه بیش از ۵۰٪ از مواد،گداخته نمیگردند و باید بقیه را بیرون آورد و بمصرف ساختن انتیموان سفید رسانید .

۱ ـ ب) تهیه تترا اکسید ثابت و پایدار ـ دراستخراج انتیموان ازمواد اولیه، انتخاب یك طریقه به خصوص بستگی بانوع ودرجه خلوص مواد معدنی دارد وقسمت معظم انتیموان که امروز دردسترس صنایع گذارده میشود ازتهیه تترا اکسید (Sb_3O_4) و احیاء بعدی آن به انتیموان فلزی تولید میگردد ؛ زیرا اغلب مواد اولیه انتیموان از نوع فقیر بوده و محتوی سولفور آنها کمتر از ۶۰٪ میباشد لذا نمیتوان درهمه جا طریقه لیکواسیون را بکار برد .

از تشویه اکسید کننده سولفورانتیموان ، نسبت به درجه گرمای تشویه ومقدار هوا دومحصول مختلف حاصل میشوند که اولی عبارت است از تری اکسید (Sb_2O_3) فرار و دومی تترا اکسید(Sb_3O_4) ثابت و پایدار. فعل و انفعالاتیکه در حین تشویه وقوع میبابند ازاینقرارند : اگر گرمای تشویه از ۳۵۰ درجه سانتیگراد تجاوز کند تری اکسید ترکیب میشود وانیدرید سولفورو متصاعد میگردد .

$$Sb_2S_3+9(O)=Sb_2O_3+3SO_2$$

قسمتی از تری اکسید در مجاورت هوا،اکسیژن زیاد تری بخود گرفته و مبدل به پنتا اکسید (Sb_2O_5) میگردد واکسید اخیر با تری اکسید اولی درآمیزش شیمیائی درآمده وتترا اکسید بوجود میاید.اگر اکسید وسولفورهای فلزات دیگر بهمراه سولفور انتیموان باشند تمام آنها تغییر حالت به ترکیبات انتیمونات میدهند؛در صورتیکه باید طبق

معمول مبدل بسولفات شوند . شرایط اصلی بوجود آمدن تترا اکسید ثابت عبارتند از : ۱ ـ گرمای ۳۵۰ درجه. ۲ ـ هوای کافی. ۳ ـ بهم زدن ممتد مواد اولیه ؛ زیرا درغیر اینصورت فقط مقداری از سولفور انتیموان مبدل به تری اکسید فرار گشته و آن قسمت که درمحتوی سولفور غنی بوده گداخته شده و درنتیجه مخلوط ناهمگن و ناهنجاری بوجودمیآید . البته هرقدرسنگ معدنی غنی تر باشدتشویه مشکل تر خواهدبود. اگرعمل تشویه بطوررضایت بخشی انجام شده باشد ، رنگ تترا اکسید درداخل کوره قرمز و در خارج خاکستری میباشد . این عمل معمولا در کوره های شعلهٔ تشویه که مجهز بدستگاه تقطیر نیز میباشند انجام میگیرد .

۱ ـ ج) تهیه تری اکسید فرار ـ درتشویه سولفور انتی موان ، اگر تری اکسید فرار (Sb_2O_3) مورد تقاضا باشد ، گرما را از ۳۵۰ درجه بالا برده و از مقدار هوا کم میکنند . یا اینکه درکورهٔ تشویه در حین عمل مقداری بخار آب خیلی گرم تزریق میکنند تا ئیدروژن بخار آب باگوگرد سولفور انتی موان ، تولید (H_2S) نموده و اکسیژن با انتی موان بترکیب (Sb_2O_3) درآید . نظر باینکه دراین طریقه مزایای بیشماری موجود است لذا در فرانسه و چین بسیار معمول گردیده و مزایای آن از این قرار است .

الف) چون دراین طریقه اکسیدارسنیك زودتر متصاعد میگردد لذا تری اکسید وجود نخواهد داشت .

ب) اگر درمواد اولیه انتی موان ، فلزات قیمتی ازقبیل طلا و نقره موجودباشند همچنان درته مانده تا بعداً استخراج شوند .

ج) مناسب ترین و بهترین طریقه ایست که دراستخراج مواداولیه فقیر و کم عیار وضع گردیده .

د) تقطیرانتی موان در دستگاه تقطیر بخوبی و بسهولت انجام میگیرد و افت آن کم است .

ه) مصرف سوخت بسیار ناچیز است ، زیرا میتوان در آن واحد از احتراق گوگرد استفاده نمود .

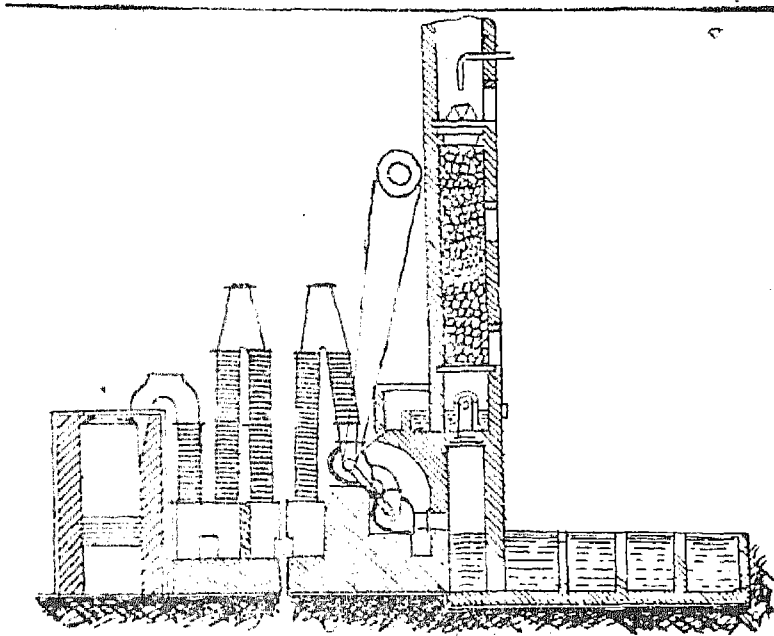
و) تری اکسید تقطیرشده رامیتوان درهمان حالت بصورت سفیداب انتی‌موان بفروش رسانیدودرصورت لزوم مبدل به فلز نمود . این طریقه درکشور فرانسه بوسیله دانشمندی موسوم به « هرن اشمیت » (Herren Schmidt) کامل گردید وامروز بهترین وعملی‌ترین طریقه استخراج انتی‌موان ازمواد فقیر بشمار میرود .

طریقه هرن اشمیت ـ این طریقه در فرانسه در سال ۱۸۸۱ میلادی بوسیله مکتشف نامبرده برای استخراج انتی‌موان مورد استفاده قرارگرفت و امروز بیشتر در استخراج مواد اولیهٔ ای بکار میرود که محتوی سولفور آنها از ۱۵ ـ ۲۵٪ بیشتر نباشد .

شرح عمل ـ مواد اولیه را ابتداء خورد کرده و با ۴ـ۸٪ وزن آنها زغال‌چوب مخلوط نموده‌وبداخل کوره تشویهٔ شعلهٔ که‌مجهز بدستگاه تقطیرشکل (۲۲۰) میباشد میریزند . سپس حرارت را بتدریج بالا برده تا اینکه سولفور تبدیل به تری اکسید فرارگشته و متصاعد گردد . البته بخارات تری‌اکسید داخل لوله های تقطیر که بشکل عدد(۸)ساخته‌شده‌اندشده‌ودرحین‌عبورازمسیر زیگزاگی سرد شده ودرسطوح‌درونی لوله هامی‌نشینند . یااینکه دراطاقهای تقطیر که بلافاصله زیر این لوله هاقرارگرفته‌اند ته نشین میشوند . پس از خاتمه‌عمل، درب اطاقها را باز کرده وذرات (Sb_2O_3) که بشکل غبارات درآمده اند جمع نموده ومواد خاکی وعمل شده کوره را بیرون آورده ومجدداً کوره را بارمیدهند .

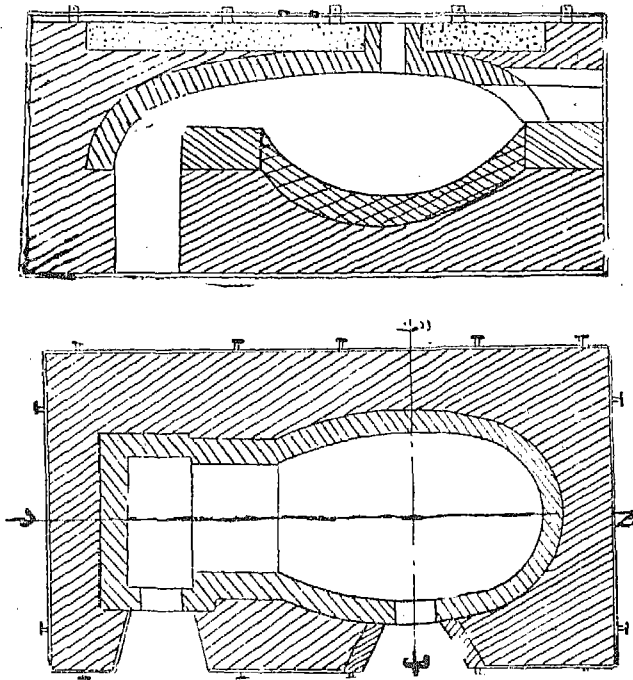
اگرمواد اولیه‌انتی‌موان بصورت خاکه‌ونرمه باشند ، میتوان آنها را با ۷ـ۸٪ وزن خود گل رس مخلوط کرده وبشکل نواله درآورد ودراینحالت درکوره‌ای‌تشویه نمود . اندازه گرما درکورهٔ تشویه نباید از ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد تجاوز کند .

درطریقه شاتیون (Chatillon) که درفرانسه وایتالیا مرسوم است،دستگاه گداز از دوعدد کورهٔ ریخته‌گری کیوپولا (Cupola) که از قسمت فوقانی بهم متصل هستند ودودکش مشترکی دارندتشکیل‌میشود.دستگاه‌تقطیر و تمام عملیاتیکه دربالا ذکرشد در این کوره انجام میگیرد ودرنتیجه اکسیدانتیموان (Sb_2O_3) بصورت گرد سفیدی بدست میاید .

۳ـ طریقه استخراج انتی‌موان فلزی ـ آخرین مرحله دراستخراج انتی‌موان از مواد اولیه تحصیل انتیموان فلزی و تصفیه آن میباشد . انتی‌موان ناخالص وتصفیه نشده را معمولا انتیموان « خام » میگویند و این نوع را هیچگاه در بازارهای فلزات داد وستد نمیکنند .

(شکل ۲۲۰) کوره‌هرن اشمیت Herrenschmidt که درگدازانتی موان بکارمیرود

۴ ـ د) احیاءنمودن اکسیدهای تترا و تری انتیموان در کورۀشعله

احیاءنمودن اکسیدهای انتیموان در کوره‌شعله عملی بسیارساده‌میباشدولی نا گفته نماند که افت آن نسبتاًزیادودرحدود ۳۰ـ۴۰٪ میباشد وبدین جهت فقط مناسب موادی است که عیار فلزی آنها زیاد است وبعلاوه سوخت فراوان وارزانی نیزموجود باشد . کوره‌های شعله‌ایکه‌بدین منظوردرفرانسه ـ اتریش وایالات متحده‌امریکا (نیوجرسی) متد اول گردیده دارای ابعاد ذیل میباشند ۰ اطاق گداز بشکل تخم مرغی بطول ۳متر وبه گودی ۱/۵ متروعرض آن نزدیك پل آتش درحدود ۱متر میباشد . دودکش کورۀ متصل به یك اطاق تقطیر بوده زیرا تقریباً ۵۰٪ محصول گداز از اطاقهای تقطیر

بدست میآید. بار کوره عبارت است از ۲۲۵ کیلو گرام مواد تشویه شده و باقیمانده‌های کوره لیکواسیون باضافه ۴۵ کیلو گرام مواد گداز آور (نمك طعام و کربنات دوسود)

(شکل ۲۲۱) برش قائم و افقی کورهٔ شعلهٔ تصفیه انتیموان

گاهی اوقات ممکن است سولفات دوسود نیز بکاررود. ابتدا مواد گداز آور را درکوره گداخته وبعداً مقادیر ۲۰ کیلوئی ازاکسید های انتیموان درهر ۱۵ - ۲۰ دقیقه بکوره میدهند تا بتدریج ذوب گردد. پس ازاینکه کلیه بار در کوره گداخته شد آنرا بهم زده و ناخالصیها بشکل کف روی فلز گداخته ایستاده تا بتوان مقداری از آنها را بر طرف نمود. بمنظور مواد کمك ذوب مقدار ۲۵ کیلو گرام زغال چوب نیز میگذارند زیرا زغال چوب بعنوان ماده احیاء کننده عمل میکند؛ یعنی اکسیژن اکسید انتیموان را بخود میگیرد و نیز مقداری کربنات دوسود باگوگرد سولفور انتیموان درترکیب در میآیند و بقیه به سرباره میروند. اگر فلزات دیگری بشکل ناخالصی موجود باشند باز

بصورت سولفور بسر باره برده میشوند ، زیرا سولفورسدیم که از احیاء شدن سولفات دوسود بدست میآید ناخالصیها را بشکل سولفور به سر باره میبرد . وظیفه نمك طعام هم این است ؛ یعنی بعضی از ناخالصیهای موجود را بصورت کلرور در آورده و بسر باره بفرستد .
مصرف سوخت در حدود ۱۵ ـ ۱۶٪ وزن بار بوده و اگر در محتویات بار سولفور انتیموان موجود باشد باید مقداری آهن یا سرباره آهن دار با آن مخلوط کرد تا اینکه سولفور انتیموان را احیاء نماید . پس از اینکه در فرورفتگی کوره مقداری فلز انتیموان جمع گردید منفذ خروجی کوره را باز کرده و انتیموان فلزیرا خارج نموده و در قالب های مخصوصی سرد میکنند . در حین سرد کردن باید مواظبت نمود که سطح فلز ذوب شده از یك طبقه نازك سرباره پوشیده باشد تا اینکه سطح زیرین متبلور گردد و بلور های برك سرخس را تشکیل دهد .

۳ ـ ه) احیاء اکسید ها در کوره واتر ژاکت ـ چندی است که در کشور مکزیك و ایالت کالیفرنی معمول شده که سنگهای معدنی انتیموان را در کوره بلند ذوب نمایند و طرز عمل و تهیه بار کوره عیناً مانند مواد معدنی دیگر از قبیل سرب و مس که در کوره های بلند گداخته میشوند میباشد . جهت اینکار مواد معدنی انتیموان تشویه شده وغبارات و دوده هائیکه از درون اطاقهای تقطیر و دودکش ها گرفته شده و بشکل بریکت در آمده اند با مقداری سولفور انتیموان تشویه نشده و خام و سرباره های سیلیس دار مخلوط نموده و یك باری تشکیل داده و در کوره بلند و اتر ژاکت میگدازند .
محصول این کوره ها خیلی خوب و بازده آنها در حدود ۹۸٪ است .

سوخت کوره کك و سنك آهك بعنوان ماده گداز آور استعمال میشود . محصول کوره انتیموان خام و ناخالص ایست که درحدود ۵ ـ ۷٪ آهن و ۲٪ گوگرد دارد وچون در اینحالت قابل فروش نیست لذا آنرا در کوره شعلهٔای بوسیله اضافه نمودن مقداری مواد گداز آور قلیائی تصفیه نموده و انتیموان خالص محتوی ۹۹/۶٪ (Sb) بدست میآید

تصفیه انتیموان ـ انتیموان فلزیکه از طرق بالا بدست میآید ، اغلب محتوی مقداری ناخالصی از قبیل گوگرد ـ آهن ـ ارسنیاك ـ مس و یا سرب میباشد ؛ زیرا عناصر نامبرده اغلب در مواد اولیه انتیموان کم و بیش وجود دارند . عمل تصفیه در

یك کوره شعلهٔای لوچك بظرفیت ۱-۲ تن صورت میگیرد . بارکوره ازانتیموان «خام» تصفیه نشد ومقداری کربنات دوسود یا پتاسیم وسولفات دوسود وزغـال چوب یاخاکه کاك تشکیل شده است، زیرا این املاح گدازآور اولاگوگرد راازبین برده وارسنیك را تبدیل به ارسنات دوسود یا پتاسیم مینمایند .

مس وآهن را نیز بوسیله همین املاح بسرباره میفرستند ولـی اگرمقدارسرب زیاد باشد بهتر است آنرا باقی گذاشت وانتیموان سرب داربـدست آورد . انتیموان تصفیه شده درحدود ۹۹/٦ - ۹۹/۹ ٪ Sb خواهد داشت

دربورس فلزات چنین معمول گشته که خلوص انتیموان را از روی درشتی بلور های شبیه به برگ سرخس که رویسطح شمش هویدا است قضاوت نمایند . باین نقش سطحی «ستاره» انتیموان میگویند.درحقیقت وجود یاعدم این نقش سطحی دلالت بر در جه خلوص نمیکند ، زیرا متبلورشدن سطح ظاهری شمش انتیموان در اثر سرد شدن تدریجی میباشد که ودرزیریك لایه ازموادی که درجه گدازآن پائین‌تر ازدرجه گدازانتیموان (٦۳۰)است صورت میگیرد وقتیکه انتیموان مقداری ناخالصی مانند گوگرد-ارسنیك-سرب و آهن داشته باشد سطح انتیموان منجمد شده وجود این ناخالصیهای درونی رابوسیله لکه‌هائی افشاء نموده و در نتیجه شکل و اندازه بلورهای متشکله کامل نخواهند بود . حـال برای اینکه سطح ظاهری شمش های انتیموان بلور های بزرگ وقشنگی نشان دهند مخلوطهای مختلفی وضع گردید وهر شرکت تولیدکننده یك نـوع مخلوطی بکار میبرد . مخلوطیکه درکشورچین معمول است موسوم به مخلوط Pao Tai بوده و عبارتست از ۱۵ قسمت سولفور انتیموان طبیعی درجه اعلا + ۲٤ قسمت تتر اکسید + ۱۰ قسمت کربنـات دوپتاس + ۱ قسمت کربنات دوسود + $\frac{۱}{٤}$۱ قسمت زغال چوب خالص .

بمجرد اینکه انتیموان تصفیه شده ازکوره خارج گشت و درقالب شمش ریخته شد روی سطح فلزیکه درشرف منجد شدن میباشد مقداری ازاین مخلوط ریخته تـا تولید یك قشری بضخامت ۱/٥ - ۲ میلیمتر بنماید ودرنتیجه پس ازانجماد نهائی سطح شمش بلور های بزرگ سرخس را نشان دهد ؛ برای مثال در جدول (۳۹)صورت تجزیه چند نوع انتیموان تصفیه شده داده شده است .

جدول (۳۹)

	انتیموان	سرب	ارسنیك	مس	آهن	روی	گوگرد
انتیموان انگلیسی	۹۹/۶۰۸	۰/۱۰۲	۰/۰۹۲	۰/۰۴۶	۰/۰۰۴	۰/۰۴۴	۰/۰۸۶
انتیموان ژاپنی	۹۹/۱۹۵	۰/۴۲۴	۰/۰۹۵	۰/۰۴۳	۰/۰۰۷	۰/۰۲۳	۰/۲۰۱
انتیموان چینی	۹۹/۷۶	۰/۰۲۹	۰/۰۹۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۴	۰/۰۲۷	۰/۰۷۸

موارد استعمال - انتیموان فلزی هیچگاه بشکل خالص بکار نمیرود وهمیشه بصورت همبسته ویا بصورت املاح شیمیائی درصنایع مختلف استعمال میشود. انتیموان با بسیاری ازفلزات سنگین ترکیب شده تولید همبسته مینماید که ازفلزات خالص اصلی سخت ترمیباشد ودربعضی مواردپس ازانجماد خاصیت انبساطی بخود میگیرد وازین لحاظ بهترین فلز برای چاپ و مطبعه بشمار میرود. مهمترین همبسته های انتیموان عبارتند ازهمبسته انتیموان باسرب وقلع که معروف به فلزچاپ میباشد.

همبسته انتیموان باقلع ومس به فلز یاتاقان یا فلزضد اصطکاك Antifriction Metal معروف شده است وهمبسته آن باقلع ومس ومقداری روی به فلز سفید معروف میباشد. همبسته انتیموان با سرب برای پوشش درونی مخازن اسید ها زیاد بکار میرود.

انتیموان یك فلز جنگی است زیرا آنرا درگلوله وخمپاره ووسائل تولید دود های سفید غلیظ (جهت استتار) زیاد بکار میبرند. محصول سالیانه درایام جنگ اوج صعودی بخود میگیرد وبلافاصله بعد ازجنگ تنزل میکند وراکد میماند.

ترکیبات شیمیائی انتیموان درصنایع لاستیك سازی؛ درلعاب گیری ونقاشی؛ و روی شیشه ها وظروف آلات مختلف زیاد بکارمیروند. برای لعاب سازی ونقاشی روی شیشه، تترااکسیدرا باسفید آب شیخ (کربنات سرب) وبوراکس مخلوط کرده وبرنگ زرد در میآورند. برای لعاب سفید، تری اکسیدرا(Sb_2O_3) بجای اکسید قلع(SnO_2) استعمال میکنند. سولفورانتیموان را با مقداری باروت مخلوط کرده وگلوله های توپ وخمپاره را پر کرده ودرنتیجه نیروی انفجار آنهارا زیاد میکنند. سولفور انتیموان در کبریت سازی یعنی درقسمت سیاه قوطی کبریت بکار میبرند و برای سر چوب کبریت مخلوطی که محتوی ۳٪ سولفور است استعمال میکنند.

ممالك تولید کنند دردرجه اول عبارتند از: چین - فرانسه - الجزیره - مکزیك اتریش ومجارستان .در درجه دوم عبارتند از : بولیوی - استرالیا - بیرمانی - افریقای جنوبی -ایتالیاو اسپانیا .و دردرجه سوم عبارتند از : ایالات متحده امریکا - الاسکا - کانادا - پرو- آلمان ترکیه - پرتقال -برنئو-هندوچین وژاپون

محصولات سالیانه دنیا درحدود ۲۵۰۰۰ تن بوده که بیش از ٪۷۰ آن فقط از کشورچین میآید وبقیه ازسایر کشورها.

انتیموان ایران

ازجمله معادنیکه بوسیله دایره اکتشافات اداره کل معادن سابق معلوم گردید ، معدن انتیموان کوه شورآب در ۷۰ کیلو متری فردوس ازنواحی استان نهم(خراسان) و معدن سیرزال در ۱۲۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد و معادن ترکمنی و پاتیار در نواحی انارك بوده که در آنها مواد اولیه انتیموان بصورت سولفور آن بفورمول (Sb_2S_3) بوجود آمده است . دومعدن اولی کاملا قابل بهره برداری بوده و ذخایر آنها اگرچه بطوردقیق هنوزتعیین نگردیده ولی نظربه کمیابی و اهمیت این فلز در ایران آنچه تا بحال مکشوف شده قابل ملاحظه وشایان توجه میباشد . بمنظوراینکه صنعت استخراج فلز انتیموان درایران دایر گردد،اداراه کل معادن سابق کورههائی برای این منظور درمحل آزمایشگاه مرکزیخود درتهران تأسیس نمود وموفق گردید که از گداز سنگهای معدنی انتیموان ناحیه خراسان ، انتیموان فلزی ناخالص بعیار ۸۰ - ٪۸۵ Sb بدست آورد. برای اینکار مواد معدنی سولفوره را پس ازاستخراج از معدن وسنگ جوری وطبقه بندی به درجات خوب‌وبد،آنها را باکامیون بتهران حمل نموده ودرآزمایشگاه پس از شکاندن وخورد کردن ودرآوردن بقطعات ۲ - ۳ سانتی مترقطر،باری‌بدین ترتیب تهیه نموده و درکوره میگداختند . دستگاه گداز شامل یك کوره شعلهٔ کوچك که متصل به چندین لوله فلزی بقطر ۰/۳۰ متر ویکدستگاه غبارگیر میشود وشباهت بکوره هرن اشمیت (Herrn Schmidt) که ذکران رفت‌دارد . سنگ‌معدنی‌انتیموان راکه بعیار۲۵- ٪۳۵ (Sb_2S_3) میباشد با مقداری کربنات‌دوسود

وآهن اسقاط وکهنه مخلوط کرده و در کف کوره شعله گذاشته و گرما داده تا اینکه مواد بارگداخته شده وذوب شوند . در کوره ، گوگرد سولفور انتیموان باآهن تولید سولفات آهن نموده وبعداً باکربنات دوسود ترکیب شده و سرباره را بوجودآورده وانتیموان فلزیرا آزاد میسازد . البته در حین عمل مقدار معتنابهی از انتیموان آزاد شده بصورت تری اکسیدفرار (Sb_2O_3) درآمده وبداخل لوله های فلزی رفته و بعداً وارد دستگاه غبارگیر که درآخرمجرای کوره قرار گرفته رفته ودرآنجا بشکل گردسفید نزدیك بهآبی رنگی تقطیر میگردد . پس ازچندی که مقدارکافی جمع شدآنرا جمع آوری نموده وبمصرف میرسانند. آنچه درکوره شعله بصورت فلز درمیآید فلزانتیموان ناخالصی است که درحدود ۸۵ ـ ۸۷ ـ (Sb) دارد . برای بدست آوردن انتیموان فلزی خالص بایستی این محصول را مجدداً تحت عملیات تصفیه قرار داد ولی اینعمل انجام نمیگیرد ومحصول مزبور رابهمین ترکیب ودرهمین حالت بفروش میرسانند. انتیموان فلزی درایران بمصرف ساختن وریختن فلزات چاپ درمطابع وچاپخانه ها وساختن بابیت (Babbit) ، فلزیاتاقان میرسد . اکسید انتیموان درکبریت سازی بکار میرود وچون بهای تمام شده انتیموان فلزی که بوسیله دولت بدست میآید زیادگران است لذا قسمت عمده احتیاجات انتیموانی کشور ازخارجه وارد میگردد .

جای بسیار تأسف است که چرا دولت تا بحال در فکر نیافتاده که لوازمات فنی گداز را درنزدیك وحوالی خود معادن تأسیس نماید تا اینهمه مخارج و هزینه های زیادی درحمل ونقل مواداولیه بتهران و تشریفات اداری دیگر حذف شود و بالاخره محصول ارزان تری که بتواندبآسانی با انتیموان خارجی رقابت کندردسترس مصرف کنندگان داخلی گذاشته و حتی سعی در صادارات آن بخارج کشور شود .

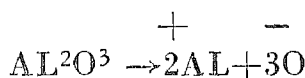
فصل بیست و هشتم

آلومینیم و ماگنیزیم

تاریخچه - باوجودیکه عنصر آلومینیم در سنگهای قشر زمین بسیار زیاد واز حیث وفور بعد ازاکسیژن وسیلیسیم میآیدودو برابر عنصر آهن میباشد ولی استخراج آن از مواد اولیه و بدست آوردن آن بصورت فلز در اواسط سده نوزدهم میلادی انجام گرفت . برای اولین بار اورستد(Oersted) در ۱۸۲۵ میلادی توانست این عنصر رااز نمك کلرورالومینیم بوسیله ملقمه پتاسیم آزادسازد؛ولی اکتشاف آلومینیم فلزی مرهون بزحمات و آزمایش های دانشمند آلمانی،ووهلر (Wohler) میباشد؛زیراوی توانست مقدار کمی آلومینیم فلزیرااز نمك کلرورآن آزادسازد. اماتمدن امروزی بشر نیزمرهون بخدمات گرانبهای دانشمندفرانسوی،سنت کلردوویلSt. Claire Deville میباشد، زیراوی درسالهای ۱۸۴۵-۱۸۵۰ میلادی موفق گردیداصول وشالوده استخراج آلومینیم رااز نمك آن کلرورآلومینیم بوسیله پتاسیم بریزدودر نتیجه مقدار کافی ازاین فلز بدست آورد.

متأسفانه طریقه مشارالیه برای استخراج این فلز در کمیت های زیاد چندان مقرون بصرفه واقتصاد نبوده تا اینکه در سالهای ۱۸۸۶ - ۱۸۸۷ میلادی طریقه هال هرولت (Hall – Heroult) وارد میدان شده ودرمدت بسیار کمی کلیه طرق موجود را تحت الشعاع قرارداد ویگانه طریقه اصلی بشماررفت.

درسال ۱۸۸۶ میلادی مسترهال (Hall) درایالات متحده امرکیا ومسیوهرولت (Heroult) درفرانسه، هریك جداگانه و مستقلا آزمایشهائی برای بدست آوردن آلومینیم فلزی بعمل آورده وبالاخره هردوموفق گردیدند که اکسید آلومینیم (AL_2O_3) را درمایع فلوورورآلومینیم وفلزات دیگرحل نموده و در نتیجهٔ یك محلول الکترولیتی بدست آورده که دراثر عبور جریان الکتریسته ، آلومینیم ازاکسید تجزیه و جدا شده وروی کاتود رسوب نماید

$$AL^2O^3 \rightarrow 2\overset{+}{AL} + 3\overset{-}{O}$$

پس ازمحرز شدن و برقراریافتن طریقه هال-هرولت ، اولین تأثیر آن در تنزل بهای آلومینیم فلزی مشاهده گردید،زیرا بهای آن از کیلوئی ۲۰ دولار به ۷۰ سنت دفعتاً سقوط کرد واین تنزل فاحش سبب گردید، که‌استعمال این فلز نوظهوردرصنایع‌فلزات بسط و توسعه عجیبی پیداکند . اولین اهمیت آن در نقل و انتقال جریان الکتریسته محسوس گردید ودراین زمینه رقیب بزرگ فلزمس شد : زیرا پس ازآزمایشهای‌زیاد معلوم گردیدکه خاصیت هدایت الکتریکی آلومینیم برحسب جرم‌ولی نه حجم‌دوبرابر مس میباشد . بعداً خاصیت خورده نشدن وزنگ ناپذیری آن استعمال فلز مزبوررادر ساختن ظروف‌آلات غذا خوری وآشپزی بسیارمعمول ومتداول نمود . درخلال‌مدت جنگ عالمگیر اول،وزن مخصوص کم ، توام با استحکام‌واستقامت آن ، مواردا‌ستعمال زیاد ومتنوعی درساختن اشیاء فلزی که‌بایستی‌هردوخواص‌مزبوررادارا باشند بسرعت عجیب وروزافزونی زیاد نمود ؛ زیراآلومینیم وهمبسته های آن در بسیاری ازصنایع ووسایل حمل ونقل،راه‌آهن و اتوموبیل و هواپیما موارد استفاده شایان و پراهمیتی پیداکرده ورفته رفته رقیب بزرگ‌آهن وپولاد وحتی دربعضی جاها رقیب پولادویژه گردید ٠ فعلا بیش از $\frac{2}{3}$ کلیه محصول‌آلومینیم دنیا بصورت همبسته (الیاژ) وفقط $\frac{1}{3}$ محصول بصورت‌آلومینیم خالص بازرگانی استعمال میشود .

خواص‌فیزیکی و میکانیکی - الومینیم فلزیست سفید رنگ مایل بآبی ؛ دارای جلای فلزی ودر ٦٥٨/٧ درجه سانتیگراد گداخته شده‌ودر ۱۸۰۰درجه بقلیان درمیاید . وزن مخصوص آن ۲/۷ وسبك ترین فلزی است که در صنایع فلزی بمقادیر زیاد بکارمیرود و بسط وتوسعه آن درصنایع تا اندازهٔ مرهون باین خاصیت میباشد. درسنگینی ،الومینیم $\frac{3}{10}$ مس (مس ۸/۹) و $\frac{1}{3}$ آهن (آهن ۷/۸) دوفلز رقیب خود ، میباشد . الومینیم‌تنها سبك نبوده وخاصیت استحکام واستقامت خوبی دارد و باداشتن این‌دوخاصیت مهم وضعیت بخصوصی رادربین فلزات صنعتی دارامیباشد . نیروی‌کشش الومینیم ریخته‌شده بین۷۷۰-۹۱۰کیلوگرام در سانتیمتر مربع‌ودرسیم‌الومینیم ۱۷۵۰ کیلوگرام درسانتیمترمربع میباشد . این مقدار با ۳۵۰۰کیلوگرام در سانتیمتر مربع سیم مسی‌و ۴۹۰۰کیلوگرام‌سیم‌پولادی تا اندازه قابل مقایسه میباشد . دراشیاء فلزیکه

سبکی وزن واستقامت واستحکام موردنظراست مثلادرساختن وسایط نقلیه واشیائیکه درحین نقل وانتقال باید متحمل وزن فطری وذاتی خود گردند،الومینیم از بهترین فلزات میباشد و گوی سبقت را ازمس و پولاد برده است .

ازنقطه نظرهدایت جریان الکتریسته ، از جهاتی الومینیم بهتر ومفیدتر از مس میباشدوازاین لحاظ استعمال آن بشکل کابلهای فشارقوی، بیش ازمس معمول گردیده است . از نقطه نظر هدایت گرما تقریباً ٥ برابر آهن ولی نصف مس است و ازاین جهت در ساختن ظروف آلات وادوات غذاخوری و آشپزی بسیارمتداول گردیده است .

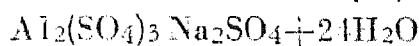
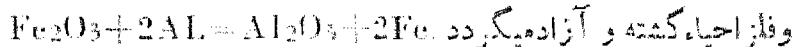
ازطرفی دیگر الومینیم در برابر اثرات اسیدها و عوامل جوی مقاومت خوبی نشان داده ودراین خاصیت نیز برتری ورجحان بمس وپولاددارد . بغیرازاسیدکلریدریك وفلوریدریك و بعضی قلیائیها ، الومینیم در بسیاری از اسیدها خیلی بکندی ومتدرجاً حل میشود . مقاومت آن دربرابراثرات عوامل جوی ازاین لحاظ است که روی سطوح اشیاءالومینیمی یك غشاء نازك اکسیدالومینیم (Al_2O_3) ویاهیدرات آن $AL(OH)_3$ ظاهرمیگردد که جلوگیری ازنفوذ وسرایت اثرات موادخورنده درداخل توده فلز میکنند وماننه غشاء حافظی میباشد

الومینیم ، فلزنرمی بوده ودرجه سختی آن بین قلع وروی قرارگرفته است ، ولی دراثرکارسرد ونورد ،الومینیم سخت شده ودرجه سختی آن برحسب برنیل بین عدد ٢٥ـ٤٠ میباشد .

همبسته نمودن الومینیم با عناصرفلزی دیگربه سختی آن میافزاید ودرجه سختی آنها بین ٥٠ـ٩٠عدد برینل میشود . سختی دورالومین که یکی ازمهمترین همبسته های الومینیم بشمار میرود در حالت بازپخت شده ١٠٠ و درحالت نورد شده به ١٣٠ عدد برینل میرسد. درخواص چکشخواری؛ تورق ومفتول شدن ، فلز نامبرده درجات اعلارا حائز است و از این جهت میتوان چه از الومینیم نسبتاً خالص وچه ازهمبسته های ان اشیاءریخته شده وقابل چکشخوار، وهمچنین ورق وصفحه ومفتول وسیم ساخت وآنها را باشکال مختلف درآورد.

خواص شیمیائی الومینیم ـ ازحیث خواص شیمیائی الومینیم فلزی است بسیار حساس ودارای قوه انفعال ودرشرایط مساعد بسهولت وآسانی بااکسیژن ـ هالوژن ها ـ

گوگرد وازوت در ترکیب در آمده وتولید اکسید واملاح مربوطه را مینماید . با بسیاری ازفلزات سنگین مانند مس ـ قلع ـ نیکل ـ روی ـ تانگستن در آمیزش شیمیائی در آمده وتشکیل همبسته داده که درخواص عمومی شباهت زیادی به الومینیم خالص دارند ، الومینیم، یك دسته املاحی بوجود میآورد که در آنها دارای ۳ والانس بوده و تمام آنها ازمشتقات (Al_2O_3) هستند ولی هیچکدام مسموم کننده نمیباشند . ازاین لحاظ میتوان بدون خطر آنها را برای ساختن ظروف غذاخوری و آشپزی بکار برد ، زیرا تولید اسید لاکتیك چندان اثری ندارد واثرات اسید استیك هم بسیار بطیء وتدریجی است . الومینیم با کربن در آمیزش شیمیائی در آمده تولید $(Al^4C)^3$ مینماید . اکسید دو کربن واینیدرید کربنیك هردو با الومینیم درفعل و انفعال در آمده کاربور الومینیم و یا اکسید الومینیم نتیجه شده و کربن آزاد میگردد . کاربور الومینیم در آب تجزیه شده ، هیدرات الومینیم و متان حاصل میشود . با ازوت در بین گرمای ۴۰۰ ـ ۸۰۰ درجه سانتیگراد تولید (AlN) یا نیترور الومینیم کرده که مانند کاربور در آب تجزیه شده تولید هیدرات وامونیاك میکند . زاج ها ازترکیبات شیمیائی مهم الومینیم بوده که درقشر زمین بوجود آمده وفورمول اصلی آنها عبارت است از :

$$Al_2(SO_4)_3 Na_2SO_4 + 24H_2O$$

اکسید اسیون الومینیم ـ میل ترکیبی الومینیم با اکسیژن بقدری زیاد است که اگر الومینیم بصورت گرد یا ورق های بسیار نازك باشد ، بآسانی در هوای آزاد مشتعل میشود و گاهی اوقات در شرایط مساعدی شدیداً منفجر میگردد. احیاء شدن بسیاری ازاکسیدهای فلزی بوسیله الومینیم ازروی همین میل ترکیبی این عنصر با اکسیژن است . وقتیکه مقداری الومینیم بحالت گرد را با اکسید فلزی مخلوط کرده و آنرا مشتعل سازند فعل وانفعال باشدت هرچه تمامتر آغاز گشته و درنتیجه اکسید الومینیم ظاهر شده وفلز احیاء گشته و آزاد میگردد . $Fe_2O_3 + 2AL = Al_2O_3 + 2Fe$

گرمای ترکیبی اکسید الومینیم درحدود ۳۷۶۰۰۰ کالوری ویا ۱۲۸۷۰۰ کالوری گرام اتم میباشد . از این گرمای زیاد برای احیاء نمودن وگداختن فلزات سخت و دیرگداز استفاده میشود و بمنظور این عمل طریقه الومینوتومی (Aluminothermics) معمول گردیده است .

مواد اولیه و سنگهای معدنی الومینیم

الومینیم یکی از فراوان ترین عناصر یست که درقشر زمین موجود و در حدود ٪۷/۵ آنرا تشکیل میدهد ، زیرا ازمهمترین عناصر ترکیب کننده تمام سنگها وخاکها باستثنای سنگهای شنی و آهکی میباشد . این عنصر هیچگاه بحالت آزاد یافت نمیشود و بغیراز فلورور، اغلب بصورت ترکیبات اکسیده درآمده است . اگرچه مواد اولیه الومینیم زیاد است ولی استخراج الومینیم فلزی فقط ازیك عده مواد بخصوصی میسر میباشد ؛ وموادیکه امروزه بکارمیروند عبارتند از بوکسیت (Bauxite) بفورمول شیمیائی ($Al_2O_3 \ . \ 2H_2O$) واماجسمیکه درطبیعت باسم بوکسیت یافت‌واستخراج میگردد دارای ترکیبی است حد وسط بین دیاسپور (Diaspore) بفورمول ($AL_2O_3.H_2O$) و گیبسیت (Cibbsite) بفورمول ($AL_2O_3.3H_2O$)ولی گاهی اوقات نزدیك اولی و گاهی نزدیك دومی میباشد .

بوکسیت همیشه بشکل خاك و بی شکل و هیچگاه درحالت متبلور و صخره دیده نشده‌است ، بلکه‌اغلب بشکل دانه های نخودوتخم ماهی که ازخمیره گلی احاطه شده اند درمیاید . رنگ آن زرد یا قهوهٔو یا سرخ ، برحسب محتوی آهن تغییر میکند . اسم بوکسیت از قریه بو (Baux) در جنوب فرانسه ، یعنی محلیکه برای اولین باربوسیله مسیو برتیه (Berthier) اکتشاف گردیده اقتباس شده است .

درباره‌طرز پیدایش بوکیست اختلاف نظری بین‌زمین‌شناسان‌وجوددارد زیرا بعضی معتقدند که بوکسیت ازمتلاشی‌ودگرگون‌شدن‌سنگ گرانیت،سی نیت،وگنایس و بازالت بوجودآمدهٔ وبعضی دیگر میگویند که این ماده‌ازحل شدن‌آلومینیم ومتراسب‌شدن آن در سنگهای آهکی بعمل آمده است ، و برخی براین عقیده‌اندکه جسم مزبور ازتغییر یافتن سنگهای‌آذری درمحل ترکیب شده است .

بوکیست بمقادیر زیاد و قابل استخراج در ایالات متحده امریکا ، در ایالات ارکانساس ـ الاباما ـ جورجیا ـ ودرکشورهای‌فرانسه ـ اتریش ـ یوگسلاوی ـ آلمان ـ مجارستان ـ ایتالیا ـ ایرلاند وهندوستان موجودو بهره‌برادری‌میگردد .ترکیب‌شیمیائی

بوکسیت خوب وقابل استخراج عبارت است از .

AL_2O_3 ۴۵ - ۷۰٪ ؛ SiO_2 ۲ - ۳۰٪ ؛ Fe_2O_3 ۳ - ۲۵٪ ؛ Ti_2O ۳٪ ؛

رطوبت و آب ۱۲ - ۴۰٪

برحسب ناخالصیهای موجود ، بوکسیت را به سه نوع درجه بندی نموده‌اند .

۱ - بوکسیت باآهن زیادکه برنگ قرمزمیباشد .

۲ - بوکیست باسیلیس زیاد وآهن کم که برنگ خاکستری درآمده است .

۳ - بوکسیت که محتوی آهن وسیلیس آن در یك اندازه میباشند .

البته بهای این انواع برحسب ترکیبات شیمیائی و مقدار ناخالصیهای موجودتغییرمیکندو هرقدرمواد اجنبی درآنها کمتر باشد برای استخراج آلرمینیم فلزی مناسب‌تر خواهدبود زیرا علاوه بر استخراج الومینیم، بوکسیت رابمصرف مواد تراشنده (سمباده) وموادنسوز شیمیائی بکارمیبرند .

برای استخراج آلومینیم فلزی ، بوکسیت باید دارای چنین ترکیبی باشد

AL_2O_3 ۵۵-۶۵٪ ؛ Fe_2O_3 ۱٪ ؛ SiO ۳-۵٪

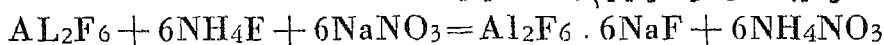
برای کارهای شیمیائی از قبیل ساختن زاج های ساختگی وسولفات آلومینیم ، بوکسیت بایدبیش از ۵۲٪ AL_2O_3 داشته باشدواکسیدآهن وسیلیس وتی‌تان آن حتی المقدورکم باشد واز ۳٪ تجاوزنکنند

برای مواد تراشنده (سمباده) بوکسیت باید اکسیدآهن واکسیدتی‌تان کمتری داشته باشدیعنی SiO_2 ۵٪ ؛ TiO_2 ۴٪ ؛ Fe_2O_3 ۵٪ وهمچنین برای مواد نسوز؛ ولی وجود سیلیس دراین مورد اشکالی ندارد وممکن است زیاد باشد .

۲ - کریولیت (Cryolite) فورمول شیمیائی آن (Na_3AlF_6) و یا ($3NaF.AlF_3$) و یگانه ماده‌ایست که محلول الکترولیت را در حوضچه های الکترولیز اکسیدآلومینیم تشکیل داده و محلل آلومین (AL_2O_3) میباشد . کریولیت خالص طبیعی باید محتوی Na ٪۳۲/۸ ؛ AL ٪۱۲/۸ و F ٪۵۴/۵ باشد و تنهانقطهٔ در زمین که این ماده بطور قابل استخراج یافت میشود ، جنوب جزیره گرین لاند (Greenland) میباشد که دراختیار و انحصار بازرگانی دولت دانمارك است - نظر به گرانی بها وتضییقات انحصاری، اغلب کارخانجات استخراج آلومینیم‌ماده‌مزبور را

ازعناصر اولیه‌اش بشکل مصنوعی ساخته و نوع ساختگی آنرا بکار میبرند .

کریولیت مصنوعی ازفعل وانفعال شیمیائی بین فلور وآلومینیم وکلرورسدیم با کمك ترکیبات دیگر آلومینیم بدست میآید .

$$AL_2F_6 + 6NH_4F + 6NaNO_3 = Al_2F_6 . 6NaF + 6NH_4NO_3$$

درطریقه دیگر ، هیدرات آلومینیم را دراسید فلوریدریك حل کرده ومحلول‌را بعداً از Na_2O_2 اشباع نموده وکریولیت ساختگی بدست میاید . و یا آنرا زالونیت (Alunite) ماده معدنی بفورمول $(K_2O . 3Al_2O_3 . 4SO_3 . 6H_2O)$ و یا از تری‌اکسید آلومینیم‌طبیعی‌و گاهی‌اوقات‌ازخاك‌چینی بفورمول $Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$ میسازند وتعبیه میکنند .

اصول استخراج

استخراج آلومینیم از مواد اولیه در دو مرحله اصلی صورت میگیرد که عبارتند از : ۱ ـ مرحله تهیه آلومین (Al_2O_3) خالص‌عاری‌ازمواداجنبی،ازمواد اولیه طبیعی آن .

۲ ـ مرحله‌تجزیه الکتریکی درمحلول‌الکترولیت کریولیت بوسیله‌جریان‌برق .

اکسید آلمونیم را نمیتوان مانند اکسید های فلزی دیگر از قبیل آهن و مس و سرب بوسیله کربن احیاء نمود و درکوره های بلند یا شعلهٔ گداخت و بصورت مایع گداخته درآورد ؛ زیرا درگرما وشرایط شیمیائی که‌دریك‌چنین‌عمل‌احیائی حکم‌فرما است، آلومینیم‌احیاء شده ، متصاعدگشته وفرارمیکند ویا مجدداً اکسیده میگردد و بحالت اولیه رجعت میکند . ویا اینکه با اکسید دوکربن وانیدریدکربنیك ترکیب شده تولیدکاربورآلومینیم (AlC) ویا اکسیدآلومینیم میکند ؛ بنابراین استخراج آلومینیم برروی اصول الکترولیز و هیدروالکتر و متالورژی بر قرار گردیده است . البته‌الکتریسیته لازمه رابایدازنیروی‌آب بدست‌آورد وبدین لحاظ‌اغلب کارخانجات استخراج آلومینیم نزدیك بآبشار های طبیعی و نقاطیکه ممکن است الکتریسیته‌را بوسیله سقوط آب تولید نمود ساخته شده‌اند : برای استخراج آلومینیم لازم است تری‌اکسیدآنرا Al_2O_3 بطورخالص تهیه نمود ، زیرا بطوریکه گفته شد ،بوکسیت

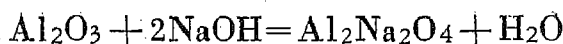
محتوی مقادیر مختلفی اکسیدآهن - سیلیس - اکسیدتی‌تان و ناخالصیهای دیگر میباشد که درموقع استخراج والکترولیز نباید موجود باشند و اگرنه همان عناصر ناخالص احیاء شده وبداخل آلومینیم‌فلزی رفته و آنرا از حیزانتفاع ساقط میسازند.

یکی از اشکالات بزرك الکترولیز آلومین دراین است که وقتی آلومینیم فلزی بدست آمد دیگر نمیتوان بوسیله تصفیه ناخالصیهای موجود درآنرا برطرف‌ساخت، زیرا آلومینیم فلزیرا نمیتوان مانند مس و سرب وقلع وفلزات دیگر پس از استخراج تصفیه نمود؛ ازاین جهت مواد اولیه‌الومین‌بایستی بسیارخالص‌باشند.

مرحله اول - تهیه آلومین خالص - تهیه‌آلومین‌خالص از مواد معدنی یعنی بوکسیت دردوطریقه انجام میگیرد که اولی موسوم به طریقه بایر(Bayer) ودومی به دوویل پشینی (Deville Pechiney) میباشند.

۱ - طریقه بایر - اصول شیمیائی طریقه بایر(Bayer) عبارتست‌ازحل‌کردن بوکسیت خام و ناخالص درسود محرق وبدست آوردن آلومینات سدیم که پس ازحل کردن نمك نامبرده درآب، هیدرات‌آلومینیم متراسب شده وته نشین میگردد. بعداً به‌هیدرات آلومینیم گرمای کافی داده‌که آب تبلور و آب هیدرات آن تبخیر گردد و اکسیدالومینیم Al_2O_3 خالص وسفیدرنگی نتیجه شود.

شرح عملیات - ابتداء مواد اولیه بوکسیت را درماشینهای سنگ شکن‌بقطعات کوچك درآورده ودرکوره های مدور گردان حرارت داده و تکلیس مینمایند. سپس در ماشینهاگردکن و آسیاها بشکل ذرات درآورده، آنوقت بوکسیت نرم و تکلیس شده را درمخازن وحوضهای مخصوص که‌مجهز بدستگاه هم زدن میباشند باسودمحرق بوزن مخصوص ۱/٤٥ و بغلظت ٤٤/٨ (Bé) مخلوط‌کرده و خوب بهم میزنند. سپس مخلوط هم زده را به اتوکلاو (Autoclave) هائیکه جدارخارجی آنها با بخار آب گرم میشوندانتقال داده واین مخلوط را درداخل اتوکلاو ها درتحت فشار ۲۲ - ۳۲ اتمسفرودرگرمای ۱۵۰ - ۱٦۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۸ - ٤ساعت نگاهمیدارند تا درتحت شرایط نامبرده فعل وانفعالات شیمیائی لازمه صورت گیرد و آلومینات‌سدیم بعمل آید.

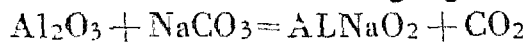
$$Al_2O_3 + 2NaOH = Al_2Na_2O_4 + H_2O$$

بسیاری از ناخالصیهای موجود در بوکسیت مانند اکسیدآهن ؛ اکسیدتی‌تان و قسمت بیشتر سیلیس غیرقابل حل بوده و در محلول آلومینات سدیم تـه‌نشین میگردد ولی بیش از ۹۰٪ آلومین موجود در بوکسیت در سود محرق حل شده و بصورت آلومینات سدیم درمیآید . حال این مایع را ازاتوکلاوها بیرون آورده ودرمخـازن و حوضهای بزرگی که هریك بظرفیت ۵۵۰۰۰ لیتراست فرستاده ومدت ٤ ـ ۵ ساعت آرام نگاه داشته تا اینکه املاح غیرقابل حل ته‌نشین شوند؛ سپس مایع زلال آلومینات‌سدیم را با قدری آب مخلوط کرده که وزن مخصوص آن از ۱/٤۵ به ۱/۲۳ وغلظت به ۲۷ Bé (بومه) تبدیل گردد ودراین حالت آنرا ازصـافیهای میکانیکی عبورداده تـا مایع صاف شده بدست آید . بمنظور رسوب دادن هیدرات آلومینیم از آلومینـات سدیم ، مقداری هیدرات آلومینیم تازه بمخزن آلومینات اضافه نموده وآنرا خوب بهم زده تا اینکه هیدرات آلومینیم رسوب کند . اینعمل مدت ۶۰ساعت بطول میـانجـامد . بعداً رسوبات را بافشارازدرون صافیهای میکانیکی که با فشار کارمیکنند عبور داده محصول را برای خشك کردن وتبدیل به Al_2O_3 بدون آب به کوره‌های مدور گردان‌مانند کوره سیمان پزی ، در گرمای ۱۰۰۰ یا ۱۱۰۰درجه سانتیگراد تکلیس نموده‌وآلومین خالص حاصل میشود که دارای ترکیب شیمیائی زیر است :

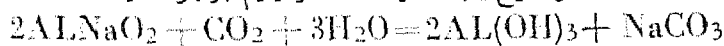
Al_2O_3 ۹۹/۵٪؛آب میکانیکی ۳/٪ ؛ آب شیمیائی ۰/۵٪؛سیلیس ۰/۲٪ ؛ اکسیدآهن ۰/۱٪

۴ ـ طریقه دوویل پشینی ـ طریقه دوویل پشینی یـا لوشاتلیه ـ موران (Lechatelier ـ Morin) تا مدتی مهمترین طریقه تهیه آلومین خـالص بشمار میرفت ولی چون طریقه بایرعملی تر،آسانتر و ارزان تربود لذا رفته رفته این طریقه متروك گشت وفقط برای بوکسیتی بکارمیرفت که آهن زیادداشت .

شرح عمل ـ دراین طریقه مواد اولیه بوکسیت را پس ازشکانـدن ودرآوردن بقطعات کوچك تکلیس نموده و سپس خورد کرده وباکربنات دوسود به نسبت ۱ الی ۳ کربنات دوسود ویك بوکسیت خورد شده در مخـازنی مخلوط نموده و سپس در

کوره های مدور گردان مدت ۲ـ۴ ساعت بین ۱۰۰۰ و ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد گرما میدهند . گاهی اوقات مقدار کمی زغال سنگ گرد بمخلوط اضافه میکنند. کربنات دوسود با (Al_2O_3) موجود در بوکسیت درفعل وانفعال شیمیائی درآمده وتولید آلومینات دوسود نموده و گاز CO_2 متصاعدمیگردد ولی ناخالصیهای موجود بهمان حالت اولیه بشکل مواد غیرقابل حلی باقی میمانند .

$$Al_2O_3 + NaCO_3 = ALNaO_2 + CO_2$$

بعداً آلومینات دوسود حاصله را درمخازنی باآب گرم شسته تا درآن حل شود درصورتیکه اکسیدآهن، اکسیدتی تان وسیلیس که تماماً درآب غیر حل هستند رسوب نموده وته نشین میشوند. محلول آلومینات را از صافیهای میکانیکی رد کرده تا اینکه مواد معلقه گرفته شوند . سپس بدرون محلول زلال و صاف شده گازانیدرید کربنیك دمیده تا فعل وانفعال زیر وقوع یابد وهیدرات آلومینیم بوجود آید.

$$2ALNaO_2 + CO_2 + 3H_2O = 2AL(OH)_3 + NaCO_3$$

بعداً مثل طریقه بایر ، هیدرات آلومینیم را رسوب داده و پس از صاف کردن آنرادرکورههایمدور گردان در گرمای ۱۰۰۰ درجهتکلیس نموده وآلومین Al_2O_3 خالص ساخته میشود .

مرحله دوم ـ الکترولیز آلومین واستخراج آلومینیم فلزی ـ طریقه استخراج آلومینیم از آلومین خالص تهیه شده که فعلا در بسیاری از کارخانجات استخراج آلومینیم بکارمیرود عیناً همان طریقهایست که باسم هال ـ هروت (Hall - Heroult) درسال ۱۸۸۷ میلادی به ثبت رسید . چون این دودانشمند ، اولی درامریکا ودومی درفرانسه دریك زمان موفق باختراع این طریقه شدند لذا این طریقه باسم هر دو معروف شده است . اصول استخراج درهر دوطریقه یکی است واختلافات موجود بسیار جزئی بوده وفقط درترکیب شیمیائی محلول الکترولیت وجزئیات ساختمانی کوره وحوضچه های الکترولیز میباشند .

درطریقه هال ـ هرولت . آلومین را درمحلول گداخته فلورور آلومینیم وفلورور پتاسیم ویا سدیم بوسیله جریان برق مستقیم تجزیه و تفکیك بهیون نموده وآلومینیم فلزی درته کوره که از کربن ساخته شده وبمنزله قطب منفی (کاتود) میباشد، جمع

میگردد . الکترولیت را ازمحلول کریولیت طبیعی یا مصنوعی میسازند .

کریولیت در۹۹۵درجه سانتیگراد گداخته شده ، بحالت‌مایع درمیآیدومخلوط یوتکتیکی آن که بترکیب ۸۱/۵٪ کریولیت و ۱۸/۵٪ آلومین میباشد در ۹۳۵درجه سانتیگراد در حالت مایع است. حال دراثر اضافه نمودن املاح‌دیگرممکن‌است‌درجه گدازرا تا ۷۰۰ درجه تنزل داد . وزن مخصوص الکترولیت باید همیشه کمتر ازوزن مخصوص‌آلومینیم فلزی باشد واگرنه آلومینیم آزاد شده بالا آمده و روی محلول الکترولیت میایستد وعمل تجزیه را خراب میکند .

ترکیب الکترولیت بطور نمونه باید در این حدود باشد .

کریولیت ۶٦/۸٪ فلوورسدیم ۳۳/۲٪

درطریقه‌هال ترکیب محلول الکترولیت از اینقرار است :

کریولیت ۵۹٪ ؛ فلورور سدیم ۲۱٪ ؛ کلورورکلیسم ۲۰٪.این‌محلول درحالت گداخته میتواند تا ۲۰٪ اکسید آلومینیم را در خود حل کند.وزن مخصوص کریولیت‌جامد۲/۹۲ودر حالت‌مایع۲/۰۸است؛درصورتیکه‌وزن‌مخصوص الومینیم جامد۲/۷۰ ودرحالت مایع گداخته‌در ۹۰۰درجه۲/۳۱ میباشدوچون قدری‌سنگین‌تر از کریولیت است‌لذادرته کوره‌الکترولیز روی کاتود مینشیند :

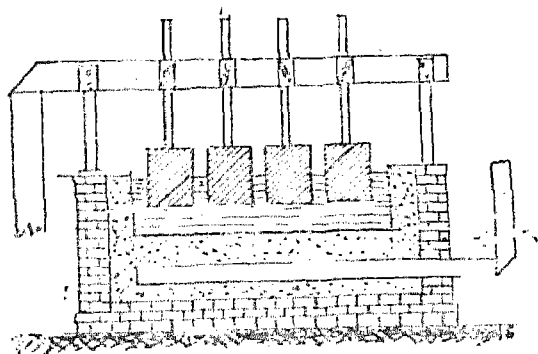
(شکل ۲۲۲) کوره الکترولیز اکسید آلومی نیم

اختلاف سطح لازم (EMF) برای تجزیه الکتریکی آلومین در حدود ۲/۸ ولت است ؛ اما در عمل همیشه ۳ برابر این مقدار میباشد ، زیرا مقاومت کوره وافت های دیگر باعث میشوید که اختلاف سطح بالا رود و درحدود ۶/۵ ـ ۷/۵ ولت بشود.البته چون ساختن ماشین مولد الکتریسیته(جنراتور) با اختلاف‌سطح باین‌کمی هنوز مقرون بصرفه نیست؛لذا ۳۰ ـ ۴۰ کوره یا حوضچه الکترلیز را بطور پیوسته (Series) بیکدیگرمتصل نموده تا اینکه مجموع اختلاف سطح به ۲۵۰ولت‌برسد. شدت جریان یا «دانسیته» جریان‌نیززیاد تغییرمیکند وبین۱/۵ ـ ۳ امپر برای‌هر سانتی متر مربع سطح کاتود میباشد. جریانیکه بکارمیرود برحسب اندازه وتعدادالکترودها

بین ۸۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ امپر در کوره‌های معمولی و در کوره های بزرگ شدت جریان در کابل بین ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ امپر میرسد .

از نقطه نظر محاسبه نظری، باید برای هر یك امپر ساعت مقدار ۰/۳۳۱۱۲ گرام آلومینیم آزاد گردد و در هر ۱۰۰۰ امپر ساعت در حدود ۳۴۰/ کیلو گرام آلومینیم باید بدست آید. مصرف انود برای هر یك کیلو آلومینیم ۰/۶۷ کیلو گرام میباشد ولی در عمل برای هر یك کیلو گرام آلومینیم که آزاد میگردد یك کیلو گرام انود زغالی و ۲ کیلو گرام اکسید آلومینیم و ۱۰۰ گرام کریولیت مصرف میشود .

محصول این طریقه، آلومینیم فلزی خالص نبوده و مقداری ناخالصی در بر دارد که باید آنها را بوسایل تصفیه طولانی از بین برد .

کوره‌های احیاء اکسید آلومینیم - تمام کوره هائیکه بمنظور استخراج و الکترولیز آلومینیم بطریقه هال - هرولت بکار میروند برروی یك اصل ساخته شده‌اند ولی جزئیات ساختمانی آنها ممکن است متغیر باشد . خود کوره از یك صندوق مکعب مستطیل پولادی که درون آن از یك لایه مواد نسوز پوشیده شده تشکیل و روی آن یك طبقه کربن خالص بشکل آستر قرار گرفته و عمل کاتود را انجام میدهد . این استر کوبنی را

(شکل ۲۲۳) یك نوع دیگر از کوره الکترولیز الومین

از کك نفت وقدری قیر (قطران) بعنوان ماده چسبنده میسازند . مخلوط این دو ماده را باقشار بر روی کف و جدارهای جانبی کوره می‌چسبانند . در بعضی کارخانجات آستر کربنی را در خارج مانند انود در قالبهای مخصوص ساخته و بعداً بدرون کوره میچسبانند

ابعاد کوره‌ها متفاوت بوده و نوع متوسط آن بابعاد ۲/۵ × ۱/۵ × ۰/۶ متر بشکل مکعب مستطیل میباشد. شکل انودها استوانه‌ای یا مکعب مستطیل، ودر دسته‌های ٤ ـ ٨ ـ ١٢ عددی بوسیله میله‌های اتصالی بدرون کوره آویزان هستند بقسمیکه میتوان آنها را بالا برد وپائین آورد. اندازه قطر ویا هرضلع برحسب ظرفیت کوره ها بین ٨ ـ ٤٠ سانتیی متر تغییر میکند.

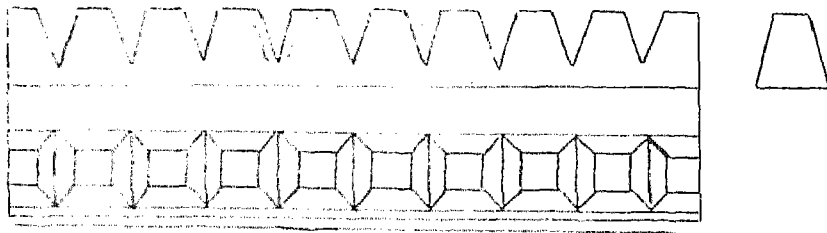
جریان عمل درکوره ـ ابتداء کار، مقداری کربن نرم بشکل دانه روی کف کوره میریزند وسپس انودها را بقدری پائین میآورند تا تماس با این طبقه پیدا کند تا درنتیجه وصل جریان، جرقه زده شود. پس ازاینکه کوره گرم شد، کریولیت خشك و یا مایع را بدرون کوره وارد نموده وتدریجاً مقدار آنرا زیاد میکنند تاکوره ازمحلول الکترولیت پرشود؛ دراین موقع آلومین Al_2O_3 تهیه شده را دراندازه‌های کم بکوره میدهند تااینکه شامل ١٠ ـ ٢٠٪ محلول الکترولیت بشود. برای اینکه وزن مخصوص کریولیت گداخته پائین آید وغلیظ نشود مقداری فلورورسدیم وکلسیم بکوره میدهند آلومین تجزیه الکتریکی شده $Al_2O_3 \rightarrow \overset{+++}{AL} + 3\overset{-}{O}$ ویونهای فلزی آلومینیم که جدا میشوند روی سطح کاتود که قاعده کوره باشد مینشینند. وقتیکه ازآن بمقدار کافی جمع شد، منفذ خروجی را بازکرده و آلومینیم گداخته را خارج مینمایند. در موقع عمل میتوان بوسیله ولتمتر ولامپهای الکتریکی مخصوص مقدار آلومین که در الکترولیت میباشد درتحت اختیار گرفت؛ زیرا مشاهده شده است هنگامیکه مقدار آلومین در محلول الکترولیت کم میشود، اختلاف سطح بالا رفته و از ٧ ـ ٨ ولت معمولی به ١٥ ـ ٢٠ ولت میرسد. بهر کوره یك لامپ الکتریکی متصل است که در اثر بالا رفتن مقاومت لامپها روشن میشوند ومتصدی کوره فوراً ازوضعیت وترکیب محلول الکترولیت درکوره مطلع میگردد ودرصدد ترمیم وتنظیم آن بر میآید.

کوره‌هارا معمولا درردیف ٢٠ ـ ٣٠ عددی برابر یکدیگر میسازند و انها بطوردائم و مستمر کارمیکنند. هر روزیکمرتبه منفذخروجی هریك از کوره‌هارا باز کرده وآلومینیم فلزیرا خارج نموده ومنجمد میکنند. طبیعتاً وقتیکه تعداد کافی جمع شد، آلومینیم ناخالص را مجدداً در کوره شعله گداخته وبهم زده تا ناخالصیهای موجود اکسید شده

بالاآمده وازاله‌شوند.سپس آلومینیم‌را بشکل شمش ویاحب ویابصورت زیر درمیآورند وبه بازارهای فلزی دنیا عرضه میدارند .

آلومینیم را برحسب خلوص بسه‌دسته تقسیم نموده‌اند :

۱ ـ آلـومینیم مخصوص کـه محتوی ۹۹/۵٪ آلـومینیم و بقیه ۰/۵٪ مجموع ناخالصیهای موجوددرآن ازقبیل مس ـآهن ـ سلیس وتی‌تان میباشد .

۲ ـ آلومینیم درجه یك یا (A)که محتوی ‎+‎ ۹۹٪ الومینیم و بقیه مجموع

(شکل ۲۲۴) شمش های آلومی‌نیم

ناخالصیهای موجود میباشد .

۳ ـ آلومینیم درجه دویا (B)که محتوی ۹۸ ـ ۹۹٪ آلـومینیم و بقیه مجموع ناخالصیها میباشد .

الکترود های کربنی ـ چون انودها و تا اندازه‌کاتودبا محلول‌الکترولیت‌در تماس نزدیك میباشند لذا نباید محتوی هیچگونه ناخالصی از قبیل آهن و سیلیس و غیره باشند وکربنیکه درساختن الکترودها بکارمیرودنباید زیاد خاکستر داشته‌باشد. بهترین مادهٔ‌کربن داریکه بمصرف‌الکترودهامیرسدکك نفت است‌و بدین منظورآنرا خورد‌کرده وبصورت‌کلوخه‌درآورده ودر کورهٔ‌خوب گرما میدهند تا اینکه کاملاسرخ شود،سپس آنرا خشك‌کرده ودرماشین های خوردکن وآسیاکاملا کـوبیده‌تا بشکل گرد ریزی در آید دراین حالت آنرابا قیر وقطران مخلوط‌کرده‌تااینکه‌بصورت‌عجین درآید. سپس مالش داده وروی‌آن عمل‌کرده وبعداً درقالب‌های‌انودوکاتودقرارداده وزیرفشار ۵۰۰ اتمسفرمیگذارند تا ذرات انود وکاتود حاصله کاملا بهم فشرده شده و درنتیجه بصورت‌جسم‌سختی درآید .

بعداً آنها را در هوای گرم خشك کرده و در کوره های مخصوص در گرمای ۱۰۰۰ ـ ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد حرارت میدهند تا کلیه مواد فرار قیر و قطران از بین بروند .

همبسته های آلومینیم ـ همبسته های دو فلزی آلومینیم یعنی آلومینیم با یك فلز دیگر عبارتند از آلومینیم و مس بترکیب ۹۲٪ AL و ۴ ـ ۸٪ Cu که درقالب ریزی و برای کارهای ریخته گری درامریکا بسیار متداول ومعمول است ودرصنایع اتوموبیل سازی زیاد بکار میرود . دوم آلومینیم و سیلیسم بترکیب ۵ ـ ۱۰ ـ ۱۳٪ Si و بقیه الومینم . این همبسته ازآلومینیم خالص نیز سبکتر بوده و برای کارهای قالب ریزی و ریخته گری زیاد بکارمیرود . این همبسته درآلمان باسم (Silumin) ودرفرانسه به (Aladar) معرف میباشد .

همبسته های مرکب ـ مهمترین همبسته مرکب آلومینیم همبسته ایست موسوم به دورآلومین (Duralumin) که بین سالهای ۱۹۰۳ـ۱۹۱۱ درآلمان اختراع گردید دورآلومین اصلی بترکیب ۴٪ مس ؛ ۶ر۰٪ مانگانیز؛ ۶ر۰٪ هانیزیم ؛ ۳ر۰٪ سیلیسیم وبقیه آلومینیم میباشد . با تغییر دادن مقادیر این عناصر و گاهی اوقات با اضافه نمودن عناصر دیگر ازقبیل روی و نیکل، شرکت های بزرك اتوموبیل وهواپیما سازی انگلستان وامریکا همبسته های متعددی اختراع و تحت اسامی از قبیل RR50 ـ RR53 همبسته Y و Hiduminium, NA161 وغیره بثبت رسانیده ودرساختن آلات و قطعات مختلف اتوموبیل وهواپیما بکار میبرند

خاصیت دور آلومین دراین است که میتوان آنرا مانند پولاد آب داد وسخت نمود ودرجه آب دادن آن بین ۴۸۰ ـ ۵۰۰ درجه سانتیگراد است . یکی از مزایای دیگر این همبسته سخت شدن بمرورزمان است که آنرا «سختی دراثر عمر» نامیده اند ، بدین معنی اگر سختی دورآلومین پس ازآب دادن مقدار معینی باشد ۴۸ ساعت بعد مقدار مزر تغییر کرده ودو برابر میشود وسختی آن نزدیك بسختی پولاده میگردد ؛ وبدین مناسبت این همبسته زیاد مورد توجه واستفاده صنعتگران میباشد .

موارد استعمال آلومینیم ـ بطورمسلم آلومینیم فلز آتیه میباشد زیرا پس از

اکتشاف طریقه هال ـ هرولت و بررسیهاهائیکه درخواص مختلف این عنصر وهمبسته های آن شده و میشود موارد استعمال آن روز بروز زیادتر گشته ودرخیلی چیزها فعلا جانشین فلزات دیگرشده است . چون این فلزیکی ازفلزات مهم صنعتی بشمار میرود لذا همیشه درسیاست بوده و کشور های مهم دخالت درامور شرکتهای تولید کننده آن میکنند .

بطوریکه گفته‌شدوزن مخصوص کم‌وبائین این‌عنصر توام‌باخواص‌خوب‌میکانیکی ازقبیل چکشخواری وتورق ومفتول شدن،آلومینیم را برای ساختن بسیاری ازچیزها بکارمیبرند وآنرا بطور ریخته وکشیده‌شده ونورد شده بکاربرده‌ومورد استفاده قرار میدهند بحالت خالص بازرگانی درساختن ظروف غذا خوری وطباخی و سیم ومفتول بکار برده میشود . بصورت همبسته در صنایع اتوموبیل و هواپیما سازی و همچنین درصنایع رادیو والکتریسته وصنایع فلزی دیگر و دراستخوان بندی کشتیهای هوائی زیاد بکارمیرود . ایضاً درعملیات داکسیداسیون پولاد ریزی وبرای گداز فلزات سخت گداز بطریقه آلومینوترمی وبالاخره بشکل رنگ ودواجات شیمیائی موارد استعمال متعددی دارد .

ماگنیزیم

تاریخچه ـ دی وی (Davy) نخستین دانشمندی بود که در سال ۱۸۰۸ میلادی فلزمانیزیم را اول بوسیله بخارات پتاسیم از اکسیدان (MgO) احیاء نمود و بعداً آنرا بوسیله تجزیه الکتریکی کلرورمانیزیم بی آب بدست آورد ولی محصولاتیکه ازهردوطریقه نامبرده بدست آمد بسیار ناخالص بود. درسال ۱۸۳۰ بوسی(Bussy) این فلزرا ازاحیاء نمودن کلرورمانیزیم بی آب بوسیله پتاسیم بدست آورد و در سال ۱۸۵۳ بونسن (Bunsen) مانیزیم را ازطریقه الکترولیز ملح کلرور مانیزیم در یك بوته چینی (پورسلانی) با الکترودهای کربنی (زغالی) آزاد ساخت‌ولی‌استخراج فلز مانیزیم بمیزان واندازه‌های بازرگانی مرهون بزحمات دوویل (Deville) وکارون (Caron) میباشد وروشیکه دودانشمند نامبرده درسال ۱۸۶۳ میلادی در فرانسه بدنیای صنایع فلزات‌ودانش استخراج‌فلزات معرفی‌نمودند،براین اصل استوار گردیده بودکه مخلوطی ازکلرورمانیزیم وفلورورکلسیم را باکمك فلزسدیم دریك بوته آهنی سربسته احیاءکرده تادر نتیجه فلزمانیزیم بدست آید . بعدا در سال ۱۸۸۵ فن پوتنر (Von Puttner) ،مانیزیم را مانند تقطیرروی‌دربوته های مخصوصی‌بدست‌آورد. برای اینکار ابتدا سنك کانی مانیزیت یعنی کربنات مانیزیم را در اثر گرما دادن مبدل به اکسیدنمود واکسید مانیزیم را دربوته‌های مخصوصی با زغال خالص احیاءکرد، و سپس بخارات مانیزیم را دردستگاه تقطیر مبدل به فلز نمود .

طریقه الکترولیتیکی که درکشور آلمان تاقبل ازآغازجنگ جهانی اول‌معمول بودعبارت بود از الکترولیز محول الکترولیت‌که از مخلوط سه نمك کلرور یعنی (NaCl)و(KCl)و(MgCl) تشکیل‌یافته بود . اینعمل دریك‌بوته‌آهنی که خودبوته رول‌کاتود را بعهده داشت وانودآن اززغال خالص تشکیل شده بود انجام میگرفت .

خواص فیزیکی وشیمیائی ـ مانیزیم فلزیست بسفیدی نقره و دربسیاری از

خواص شباهت زیادی به آلومینیم دارد. منیزیم از کلیه فلزاتیکه در شرایط معمولی هوا ثابت و پایدارانداسبك تر بوده وسبکترین فلزی است که در کارهای مهندسی و مصالح ساختمانی فلزی وصنایع فلزات بکارمیرود . وزن مخصوص آن ۱/۷۴ یعنی ۲/۳ سنگینی آلومینیم (وزن مخصوص ۲/۷) است؛ باوجود این از آلومینیم سخت تر و قوی‌تر ولی خاصیت مفتول و کشیده شدن ومقاومت آن در برابر اثرات زنگ‌زدن کمتراست وبهای آن نیز بیشتر از آلومینیم میباشد . از نقطه نظر مفید بودن و مقایسه خواص عمومی درسبکی وزن‌ودرنیروی کشش،منیزیم بمراتب بهتراز آلومینیم میباشد،ولی درخواص چکشخواری‌وتورق ومفتول شدن ، چون منیزیم تردوشکننده میباشد لذا ازاین‌حیث پست‌ترازالومینیم‌بوده وبرای‌اینکه بتوان‌این فلزراتحت‌عملیات نوردوکشیدن‌از درون حدیده‌ها قرار داد ، بایدآنرا بین ۳۰۰ ـ ۵۰۰ درجه سانتی گراد گرما داد .

درجه گداز منیزیم و آلومینم نزدیك بهم میباشند . اولی ۶۵۱ و دومی ۶۶۰ درجه سانتی‌گراد است ولی درجه قلیان منیزیم بمراتب پائین تراز آلومینیم بوده و درحدود ۱۱۲۰ درجه سانتی‌گراد تعیین‌شده؛بدین جهت‌ممکن است این فلزرابوسیله تبخیر وتقطیر تصفیه نمود .

علامت شیمیائی آن (Mg) ؛ بوزن اتمی ۲۴٫۳۲ میباشد . در بسیاری از اسید های رقیق حل شده،تولید املاح مربوطه نموده ولی در سود محرق بسختی حل میگردد . منیزیم اغلب اکسید ها را احیاء میکند . آب درگرمـای معمولی چندان تأثیری دراین فلزندارد ؛ ولی درگرمای ۱۰۰درجه سانتیگراد آنرا بتدریج خورده‌و گازهیدروژن متصاعدمیگردد . هوای‌خشك تأثیری‌درآن ندارد ولی درهوای‌مرطوب سطح آن ازغشاء باریك اکسید کربنات ویا هیدرات منیزیم پوشیده میگردد،واگر مدت زیادی درمعرض‌هوای مرطوب بماند زنگ زده‌وخورده‌میشود . منیزیوم‌بصورت گرد بسرعت عجیبی درهوا ودرمجاورت اکسیژن میسوزد وگرمای فوق‌العاده ازخود بیرون میدهد . گرمای ترکیبی (MgO) ۱۴۶۰۰۰ کالوری ـ گرام ـ اتم میباشد،در صورتیکه گرمای ترکیبی اکسید آلومینیم (Al_2O_3) ۱۲۷۸۰۰ کالوری ـ گرام اتم است .

منیزیم بحالت نوار باریك یا گرد ریز درهوای آزاد مشتعل شده و نور شدیدی منتشر میسازد وازروی این خاصیت درعکاسی و نورافکن ها و بمبهای آتش زا وغیره از آن استفاده شایانی میگردد .

مواد اولیه و سنگهای معدنی

مواد اولیه و سنگهای معدنی مانیزیم در قشر زمین بسیار و از حیث فراوانی دربین عناصر رتبه پنجم را حائز وبترتیب بعدازسیلیسیم ـ آلومینیم ـ آهن ـ کلسیم میآید برعکس آلومینیم که مواد اولیه آن فقط در نقاط محدودو بخصوصی در کره زمین بطوروفور وقابل استخراجی یافت میشود ، توده های مانیزیم مخصوصاً املاح کربنات آن که موسوم به (Magnesite) و دولومیت (Dolomite) اند، بمقادیر زیاد در بسیاری از نقاط زمین بوجود آمده‌اند . املاح مانیزیم بویژه کارورو کارور مضاعف و سولفات آن در بسترها ولایه‌های نمك طعام وجزء مواد محتوی در آب دریاواقیانوسها وچشمه‌های شور میباشند .

فلز مانیزیم هیچگاه بحالت آزاد طبیعی یافت نمیشود ومهمترین مواد اولیه آن عبارتند از :

جدول(۴۰)

مادهٔ اولیه	اسم کانی شناسی	فرمول شیمیائی
۱ ـ ماگنزیت	Magnesrite	$(MgCO3)$
۲ ـ دولومیت	Dolomite	$Ca{\cdot}Mg(CO3)_2$
۳ ـ کیزریت	Kieserite	$(MgS_4O \cdot H_2O)$
٤ ـ کای نیت	Kainite	$MgSO_4KCl \cdot 6H_2O$
٥ ـ کارنالیت	Karnalite	$MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$
٦ ـ بروسیت	Brucite	$(Mg(OH)_2$
۷ ـ اسپنیل	Spinel	$MgAl_2O_4$
۸ ـ سرپانتین	Serpentine	$H_4Mg_3Si_2O_4$
۹ ـ تلق	Talc	$H_2Mg_3 \cdot Si_4O_{12}$

درسنگهای آذری این عنصر درسنگهای امفیبول ـ میکاها ـ پیروکسن و الیوین

موجود است ولی از آنها بدین منظور استخراج نمیگردد .

مانیزیت (Magnesite) مهمترین ماده اولیه این عنصر بشمار میرود ودر بسیاری از ممالك مانند استرالیا ـ اتریش مجارستان ـ چك اسلواکی ـ کنادا ـ ایالات متحده امریکا ـ یونان ـ ایتالیا ـ اسپانیا ـ هندوستان ـ افریقای جنوبی استخراج میگردد .

دردرجه دوم اهمیت دولومیت (Dolomite) است که آنهم در بسیاری از نقاط دنیا بطورو فور یافت و مخصوصاً در ساختن مواد نسوز مورد استفاده قرار میگیرد . املاح مانیزیم که مهمترین آنها کلرورمانیزیم میباشد درحدود ۱۱٪ آبهای اقیانوسها را تشکیل داده واین آبها درحدود $\frac{۱}{۸}$٪ ملح مانیزیم دارند . دراغلب دریاچه ها شور ونمك زارها ملح مزبور مخلوط با املاح سولفات مانیزیم وسدیم وپتاسیم موجود است .

دردریاچه های شور ایران ازقبیل دریاچه رضائیه و حوض سلطان ، گاوخونی ، دریاچه بختگان وکویرهای مرکزی میلیاردها تن املاح مختلف مانیزیم که هریك از آنها دارای ارزش اقتصادی فوق العاده میباشد موجود ولی دراثر عدم توجه اولیاء امور مملکت وجهالت وسستی ملت این منابع زرخیز دست نخورده مانده وهیچگونه اقدامی ولو عملیات مقدماتی بمنظور استخراج وبهره برداری از آنها نشده است .

اصول استخراج

برای استخراج مانیزیم ازسنگهای معدنی واملاح آن طرق بسیاری کشف ووضع گردیده که مهمترین آنها ازاینقرار است :

۱ ـ طریقه احیاء نمودن املاح مرکب مانیزیم بوسیله یك فلز دیگر: مثال احیاء کلرور مانیزیم بوسیله فلز سدیوم ویا اکسید مانیزیم بوسیله فلز آلومینیم نظر بسختی واشکال بدست آوردن سدیم الکترولیتیکی ، این طریقه از بین رفته است

۲ ـ احیاء نمودن املاح مرکب مانیزیم بوسیله کربن این روش بواسطه اشکالات فنی چندان عمل نیست .

۳ ـ تجزیه الکتریکی (الکترولیز) کلرورمانیزیم ویا مخلوطی از کلرورسدیوم یاپتاسیم ، این طریقه بسیارمتداول ودر آلمان وامریکا عمل میشود .

٤ ـ تجزیه الکتریکی (الکترولیز) اکسید مانیزیم که دراملاح دیگری از قبیل

فلورورمانیزیم حل شده است. این طریقه عیناً مانند طریقه استخراج آلومینیم میباشد وبوسیله شرکت (American Magnesium . Co.) درامریکا بکارمیرود .

۵ ـ تجزیه الکتریکی محلول آب دار یکی ازاملاح مانیزیم . این طریقه از نقطه نظر عمل بسیارمشکل است ولی ازحیث اصول اشکالی ندارد .

۶ ـ تجزیه الکتریکی سولفورمانیزیم (MgS)درحوضهای الکترولیز که محتوی ملح دیگری نیز میباشند. این طریقه ، گرچه امکان پذیر بنظر میرسد ولی آزمایشهای بازرگانی هنوز برروی آن نشده است .

ازآنچه دربالا ذکرشد چنین استنباط میگردد که استخراج مانیزیم فقط درد و طریقه عملی بنظرمیرسد وکلیه محصول مانیزیم دنیا ازبکاربردن دوطریقه مزبور بدست میآید . این دوطریقه عبارتند از :

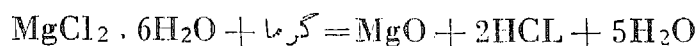
۱ ـ طریقه الکتریکی یا الکترولیز کلرورمانیزیم بی آب درمحلول الکترولیت املاح کلرور پتاسیم ویا سدیوم .

۲ ـ تجزیه الکتریکی اکسید مانیزیم در حوض الکترولیز که محتوی فلورور مانیزیم (MgF_2) واملاح دیگر میباشد .

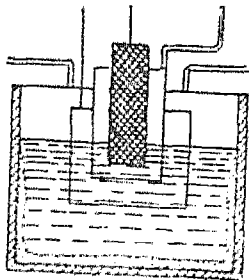
۱ـ الکترولیز کلرورمانیزیم ـ این طریقه درسه مرحله اصلی وقوع میباید :

(الف) مرحله تهیه کلرور مانیزیم بی آب . (ب) مرحله تجزیه الکتریکی ملح نامبرده درحوضچه های الکترولیز دراختلاف سطح کم. (ج) تصفیه محصولیکه ازمرحله (ب) بدست میآید .

دراینجا لازم است گفته شود که برای بدست آوردن کلرورمانیزیم بی آب نمیتوان ملح آبدارآنرا فقط گرما داد زیرا اگرملح ($MgCl_2 . 6H_2O$) را گرما دهند و تکلیس نمایند مجدداً در آب تبلور خود حل میشود واین فعل وانفعال صورت میگیرد

$$MgCl_2 . 6H_2O + \text{گرما} = MgO + 2HCL + 5H_2O$$

و محصولیکه نتیجه میشود اکسید مانیزیم میباشد . بنابراین برای از بین بردن آب این ملح ، طرقهای مختلفی پیشنهاد گردیده که عملی ترین آنهااز قرارذیل است:

ملح کلرورمانیزیم آب داررا درمخلوطی ازکلرورسدیوم یا پتاسیم حرارت داده

و یا اینکه آنرا درجریان گاز کلر و یا گاز اسید کلریدریك حرارت داده تا اینکه بتدریج کلرورمانیزیم با ۰/۲۵٪ وزن خود کلرورسدیوم و کلرور آمونیاك مخلوط گشته و در اثر گرما دراینصورت ۵۰٪ آب تبلور خود را از دست بدهد . سپس مخلوط را خشك کرده و مجدداً گرما داده تااینکه کلیه آب تبلور محتوی دفع گردد و کلرور مانیزیم بی آب حاصل شود .

حوض الکترولیز برای کلرور مانیزیم

شکل (۲۲۵) حوض الکترولیز کلرور مانیزیم $MgCl_2$

درطریقه دیگر، ملح کلرورمانیزیم آب داررا مدت چند ساعت در گرمای ۱۵۰ سانتی‌گراد بوسیله جریان هوای گرم حرارت داده و این باعث میشود که در حدود ۷۳٪ ($MgCl_2$) و ۴٪ (MgO) و ۲۳٪ آب باقی بماند .

سپس ملح مزبوررادرفضائیکه محتوی گازاسید (HCL) بوده و درحرارت ۳۰۰ درجه سانتی گراد است قرار داده تااینکه کلیه آب از بین برود و کلرورمانیزیم بی آب بدست آید . البته درهیچیك ازطرق نامبرده نباید کلرورمانیزیم آب دار مبدل به اکسید مانیزیم گردد.

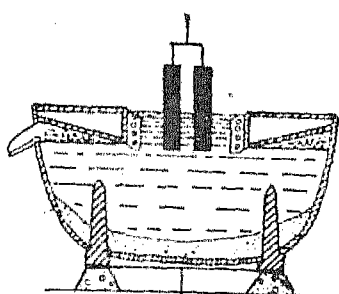
پس ازبدست آوردن ($MgCl_2$)خشك وبدون آب آنرا باکلرورهای سدیم و پتاسیم مخلوط کرده و دریك حوضچه الکترولیز شکل (۲۲۵) در گرمای بین ۶۷۵-۷۲۵ درجه سانتی گراد ودراختلاف سطح کم تجزیه الکتریکی مینمایند . اختلاف سطح لازم برای الکترولیز($MgCl_2$) درحدود ۶/۲۵ ولت است ولی درعمل نظر بمقاومت های موجود بین ۵ الی ۸ ولت میباشد .

حوضچه الکترولیز از یك ظرف آهنی مکعب مستطیل شکلی ساخته شده که در وسط آن انود زغالی و کاتود آهنی قرار گرفته ومابین این دو . یك حائل پورسلانی نیز ساخته شده است .درآغازعمل ، حوضچه را ازخارج گرما داده تا اینکه فعل وانفعالات شیمیائی شروع شود . یونهای مانیزیم Mg ازمحلول الکترولیت جدا گشته ودراطراف کاتود بصورت گوی هائی(Globules) درآمده،سپس بالارفته وبوسیله ملاغه یاقاشقی

برداشته میشوند ودر خارج درظرف دیگری جمع میشوند ؛ تا پس ازتصفیه بشکل شمش ریخته شود . حایل پورسلانی که بین انود و کاتود جای گرفته برای این است که مانع ترکیب مجددکلرورمانیزیم ($MgCl_2$) بشود ؛زیرا یونهای کلررابخود گرفته وازمجرائی بیرون میدهد واگراتفاقاً بعضی ازیونهای کلر بدرون محلول الکترولیت خارج حائل مرکزی برود،آنگاه بوسیله دمیدن گازانیدرید کربنیك ویاازوت اخراج میگردد ظرفیت حوضچه ها را معمولادرحدود ۴۵ ـ ۵۰ کیلوگرام محلول الکترولیت میسازند که محصولی برابر ۱۲ ـ ۱۵ کیلوگرام ماینزیم درهرساعت بدهند . اگرفلز مانیزیم که از این طریق بدست میآید ناخالص باشد،میتوان آنرا بوسیله گداختن با فلز سدیوم وکلرات مانیزیم تصفیه نمود وفلز خالص ٪۹۹/۹ Mg بدست آورد .

۳ـ الکترولیز اکسید مانیزم (MgO).این طریقه عیناًمانند تجزیه الکتریکی اکسید آلومینم Al_2O_3 به روش هال ـ هرولت میباشد و در امریکا بوسیله شرکت American Magnesium Co بکار میرود. ابتداء بایداکسید مانیزیم خالص را تهیه نمودوآنرا درمحلول الکترولیت فلورو مانیزیم (MgF_2) وفلورو باریم (BaF_2) وقدری فلوروسدیم (NaF) (برای سیال شدن وپائین آوردن غلظت الکترولیت)در حوضچه های مخصوص تجزیه الکتریکی نمود . حوضچه الکترولیت را باید از خارج گرم کرد تاگرمای محلول الکترولیت به ۹۵۰ درجه سانتی گراد برسد . سپس اکسید مانیزیم خالص را که ازتکلیس نمودن کربنات مانیزیم ($MgCO_3$) بدست آمده متدرجاً دراندازه های کم دراطراف انودهای زغالی بدرون حوضچه ریخت . شدت جریان بین ۹۰۰۰ـ۱۳۰۰۰ آمپر و اختلاف سطح لازم بین ۹ الی ۱۶ ولت میباشد .در مصرف نیروی الکتریسته ، تجزیه الکتریکی اکسید مانیزیم بعد از اکسید آلومینیم میآید ؛ زیرا برای بدست آوردن هریك تن مانیزیم فلزی در حدود ۲۷۰۰۰ کیلووات ساعت لازم است وبرای آلومینیم در حدود ۳۰۰۰۰ کیلووات ساعت مصرف میشود .

دراینجا هم یونهای مانیزیم که از اکسید جدا میشوند بطرف کاتود رفته و مانند گویهائی جمع میگردند و پس ازاینکه زیاد شدند، بالاآمده و روی سطح محلول الکترولیت شناور گشته و بدین وسیله میتوان آنها را از مجرای مخصوص خارج نمود .

(شکل ٣٢٦) حوض الکترولیز اکسید منیزیم (MgO)

منیزیم فلوی ناخالص را میتوان ابتدا ذوب کرد و بوسیله اضافه نمودن مواد گداز آوری، ناخالصیهای آنرا مبدل به اکسید نمود و بشکل سربارهدر آورد، و با اینکه پس از گداختن گرمای آنرا زیاد کرد تا تبخیر شود و در ظرف دیگر بخارات آنرا تقطیر کرده و بصورت منیزیم خالص در آورد.

درجات خلوص بازرگانی منیزیم عبارتند از :

نمره صفر محتوی ٩٩/٩٠٪ Mg نمره ١ محتوی ٩٩/٨٥٪ Mg. نمره ٢ محتوی ٩٩/٠٠٪ Mg. و باشکال مختلف یعنی بشکل شمع، میله، شمش و لوله و ورق و صفحه های بسیار نازك و نوار و بالاخره بصورت گرد در بازارهای فلزات عرضه میگردد.

موارد استعمال منیزیم - صنایع هواپیما سازی استعمال این فلز را در کارهای مهندسی و ساختن قطعات محکم و سبك از جنگ جهانی اول باینطرف بسیار معمول نموده، بقسمی که امروزه فلز منیزیم و همبستههای مختلف آن با آلومینیم و سایر فلزات رقابت شدیدی میکند و یقیناً یکی از مهمترین فلزات آینده بشمار میرود، زیرا منیزیم نوزادتر از آلومینیم میباشد و اطلاعات راجع به توانائی ذاتی و امکانات آن کاملاً در دست نیست. قبل از جنگ جهانی نخست، منیزیم را زیاد در ریخته گریها برای داکسیده نمودن آنها و از بین بردن گوگرد پولادها وغیره بکار میبردند. دیگر بصورت گرد و نوار باریك در عکاسی و آتش بازی و نورافکنها زیاد متداول بود ولی در جنگ جهانی دوم منیزیم بعنوان بمبهای آتش زا و روشن نمودن هدف های بمباران و آتش زدن و غیره زیاد بکار رفت. منیزیم بشکل همبسته با آلومینیم یعنی دور آلومین زیاد بکار میرود و یکی از همبسته های مهم آن که در آمریکا معروف به فلز (Dow) میباشد محتوی ٤ - ١٢٪ آلومینیم و بقیه منیزیم میباشد که پس از عملیات گرمائی استحکام و توانائی آن نزدیك باستحکام و قوت پولاد میگردد. همبسته مزبور را در آلمان نیز میساختند و باسم فلز Elektron معروف بوده است.

فصل بیست و نهم

مانگانیز ـ کروم ـ نیکل ـ کبالت

مانگانیز

خواص فیزیکی و شیمیائی ـ مانگانیز فلزی است خاکستری مایل بقرمز و وزن مخصوص ۷/٤ که در ۱۲۶۰ درجه گداخته شده و در ۱۹۰۰ درجه سانتیگراد بغلیان درمیاید .

سختی نوع خالص آن کمتر از شیشه است ولی اگر محتوی کربن وسیلیسیم باشد، پولاد را مخطط میسازد. هوای معمولی چندان اثری در این عنصر نمیکند ولی در گرمای زیاد بسرعت زیادی مبدل باکسید میگردد .

علامت شیمیائی آن (Mn) و وزن اتمی آن ٥٤/۹۳ است . بسهولت بااکسیژن و گوگرد درامتزاج شیمیائی درآمده تولید اکسید وسولفور نموده و املاح زیادی با پتاسم وسدیم و عناصر دیگر میسازد . در اغلب اسیدهای رقیق حل میگردد و تشکیل املاح مربوطه را میدهد .

مواد اولیه وسنگهای معدنی ـ مهمترین مواد اولیه مانگانیز عبارتند از :

ماده اولیه	اسم کانی شناسی	فرمول شیمیائی
۱ـ پیرولوسیت	Pyrolosltn	(MnO_2)
۲ ـ مانگانیت	Manganite	($Mn_2O_3 . H_2O$)
۲ ـ براون تیت	Brauntite	(Mn_2O_3)
٤ ـ رودو کروزیت	Rhodocrosite	($MnCO_3$)
٥ ـ رودونیت	Rhodonite	($MnO \cdot SiO_2$)

مواد اولیه و سنگهای معدنی درجه اعلا ممکن است تا ٪۳٥ محتوی (Mn) ولی اغلب موادیکه امروزه استخراج میشوند درمحتوی فلزی فقیر بوده وباید بوسایل مختلف تهیه و آرایش شده تا اینکه عیار فلزی آنها بیشتر گردد .

اصول استخراج

طرق استخراج مانگانیز از سنگهای معدنی برحسب نوع مانگانیز کـه مورد تقاضا است تغییر میکنند .

۱ـ مانگانیز فلزی ۲ـ همبسته مانگانیز ۳ـ بی اکسیدمانگانیز (MnO_2)

۱ـ استخراج مانگانیز فلزی ـ مانگانیز فـلزی خـالص را فقط میتوان بـوسیله (الومینوترمی) یعنی احیانمودن اکسیدمانگانیز دراثر احتراق گرد آلومینیم بدست آورد. محصولیکه از این راه نتیجه میشود فقط محتوی ۳٪ ناخالصی از قبیل آهن ـ سیلیسیم و آلومینیم میباشد ، زیرا برطرف نمودن کلی این عناصر عمل آسانی نیست .
روش دیگر ، الکترولیز سولفات مانگانیز است ولی در این مورد ، مانگانیز حاصله بشکل گرد خواهد بود .

روش سوم این است که مواد اولیه مانگانیز که محتوی آهن میباشند با مقداری زغال در گرمای ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد در کورهٔ ای تکلیس نموده و پس از احیاء شدن آهن و برطرف نمودن آن ، مانگانیز تکلیس شده را دریک کوره بلندی گداخته و مانند چدن، محصول نسبتاً ناخالصیکه بیشتر شباهت به همبسته های آهن دارد بدست آورد .

۲ـ ساختن همبسته های مانگانیز ـ نظر باینکه مصرف عمده مانگانیز در پولادسازی است و این عنصر را بشکل همبسته های آن مانند آهن اینه ای یا (Spiegeleisen) و یا فرومانگانیز (Ferromanganese) استعمال میکنند ، لذا لزومی ندارد کـه عنصر مانگانیز را در کوره کاملا از عناصر کربن و آهن جدا نمود وبلکه بهتر است این دوعنصر را هم چنان در آن باقی گذاشت . آهن اینهٔ محتوی ۱۵ـ۲۰٪ مانگانیز و ۵٪ کـربن و بقیه آهن است. فرومانگانیز محتوی ۷۰ ـ ۸۰٪ مانگانیز و ۶٪ کربن و بقیه آهن است .

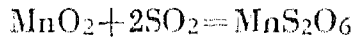
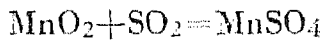
همبسته های بازرگانی را بوسیله گداز و احیاء مواد اولیهٔ که درمحتوی مانگانیز غنی میباشند بدست میاورند. اصولا گداز بی اکسید مانگانیز (MnO_2) عمل آسانی نیست زیرا اکسید نامبرده بسهولت بداخل سربار هرفته و ازطرفی عنصر Mn بصورت گاز خیلی فراری درمیآید . برای اینکه عمل گداز بخوبی انجام یابد درجه گرما را

بایدزیاد بالا برده تایك اتمسفر احیاء کننده‌ای در کوره حکمفرما باشد. بنابراین در تحت این شرایط عناصری ازقبیل آهن ـ سیلیسم و کربن نیز احیاء میشوند و بداخل منگانیز گداخته میروند ؛ ازاین جهت برای اینکه فرومانگانیزی بدست آید که لااقل محتوی Mn ٪۷۵ باشد ، باید مواد اولیه درجه اعلا بکار روند .

۳ـ بی اکسید مانگانیزـ بی اکسید مانگانیز در ساختن باتریها و اکو ملاتر های الکتریکی زیاد بکار میروند. پس از پولاد، صنایع الکتریکی ، مصرف کننده بزرك این ماده‌میباشد . مانگانیزرا در باتریهای الکتریکی بشکل دپولاریزاتور (Depolizer) استعمال کرده و بدین لحاظ نباید محتوی عناصر الکترونگاتیف به فلزروی ازقبیل مس نیکل ـ کبالت وارسنیك باشد . بی اکسید مانگانیز باید بسیارخالص باشد وچون مواد اولیه طبیعی بیش از ٪۸۰ Mn ندارند لذا یکی ازطرق ارزان باید بکاررود .

طریقه وستلینگـ (Westling Process) ـ برای بدست آوردن MnO_2 خالص ابتداء مواد اولیه را کاملا خورد کرده تا باندازه ۲۰ مش برابر ۸۳۳/. میلیمتر قطر درآید ؛ سپس آنرا با آب ومقداری H_2SO_3 مخلوط کرده تا تولیدسولفات مانگانیز بنماید . عناصری ازقبیل آهن ـ آلومینیم و ارسنیك را بوسیله اضافه نمودن سنگ آهك رسوب داده ولی مس بااضافه نمودن گردآلومینیم رسوب میکند . بعداً مقداری نیترات کلسیم $Ca(NO_3)_2$ اضافه نموده تا سولفات مانگانیز تبدیل به نیترات مانگانیز گردد . رسوبات را بوسیله صافی میکانیسکی جدا نموده و محلول صاف شده نیترات مانگانیز را در حوضچه های کم ژرفی تبخیر نموده تا اینکه سولفات کلسیم ازبین برود. بعد محلول را گرماداده تاموقعیکه نیترات مانگانیز به MnO_2 واسید نیتریك تفکیك گردد . علاوه براستعمال در باتریها، MnO_2 تصفیه شده در صنایع شیمیائی ورنگ و شیشه سازی زیاد بکامیرود .

طریقه فن آرزدایل (Van ArsdaleProcess) ـ دراین طریقه مواد اولیه مانگانیز راکه محتوی ۱۸ـ۲۰٪ میباشد خورد کرده تا ذرات آن بقطر ۳۰ مش برابر ۰/۵ میلیمتر درآیند . بعداً با آب مخلوط کرده تابصورت پولپ درآیند ، سپس گاز SO_2 را دردرون پولپ دمیده تا اینکه فعل وانفعالات زیرصورت گیرند:

$$MnO_2+SO_2=MnSO_4$$
$$MnO_2+2SO_2=MnS_2O_6$$

پس از آنکه مدتی در اینحالت نگاه داشته شد، درجه گرما را زیاد کرده تا اینکه رسوبات غیرقابل‌حل ته نشین شده و در حوضچه‌ها محلول صاف‌شده بوجود آید، تا بتوان آنرا تبخیر کرد و بدینواسطه آب زیادی را از بین برد و در نتیجه مانگانیز حاصل‌شود. حال سولفات را در کوره های مدور گردان‌سیمان‌پزی در گرمای ۱۰۰۰ الی ۱۱۰۰ درجه تکلیس وتشویه نموده تا اینکه MnO_2 خالص بدست آید.

موارد استعمال مانگانیز — مهمترین مورد کاربری این عنصر در پولادها بصورت فرومانگانیز و یا آهن آینهٔ بمنظور ساختن پولاد مانگانیزدار که موسوم به پولاد هادفیلد (Hadfield) است و بمنظور اکسید نمودن وازبین‌بردن گوگرد در پولادها میباشد. مقدار کمتری درساختن‌همبسته های غیرآهنی‌ازقبیل نیکروم (Nichrome) فلزمونل (Monel) وورشو و برنزمانگانیز و مانگانین(Manganin) بکار میرود.

مانگانین همبسته ایست از مس و مانگانیز که محتوی ۱۲_۱۵ Mn بوده و در سیمهای مقاومت وکویلها استعمال میشود. بی اکسید مانگانیز در ساختن باتریها و در صنایع شیشه سازی و رنگ مورد استعمال شایانی دارد. املاح مانگانیز در بسیاری از کارهای شیمیائی و پزشکی مورداستفاده قرار میگیرد.

عنصر مانگانیز بشکل فلز خالص کمتر استعمال میشود و ساخته هم نمیشود و بطوریکه ملاحظه گردید مانگانیز بصورت همبسته ویا بشکل اکسید واملاح شیمیائی بکار میرود.

مهمترین کشورهائیکه مانگانیز تولید میکنند عبارتند از روسیه شوروی ـ هندوستان ـ برازیل و بعضی ممالک اروپا.

مانگانیز ایران

مواد اولیه مانگانیز یعنی بی اکسیدان موسوم به پیرولوسیت (Pyrolusite) درنزدیکی قریه رباط‌کریم ۳۰ کیلو متر جنوب غربی تهران اکتشاف گردیده و عملیات استخراج برای تهیه مانگانیز جهت کارخانه ذوب آهن وپولادسازی درصورتیکه تأسیس

میگردید ، تا اندزهٔ انجام یافته ولی بعلت عدم احتیاج و نبودن بازار داخلی کلیه عملیات اکتشافی و بهره برداری ازشهریور ۱۳۲۰ دراین معدن متوقف گردیده است.

کروم

خواص فیزیکی - درسال ۱۷۹۷ میلادی دونفرشیمیست موسوم به (Vauquelin) و (Klaproth) هریك بطورجداگانه عنصر کروم راازیك سنگ معدنی آن موسوم به Crcoisite بفورمول PbC_2O_4 که ازسیبری بدست آمده بود جدا نمودند ویك عنصر دیگر برتعداد عناصری که تا آنوقت بدانش شیمی معلوم و آشکار بود افزوده گردید. کروم فلزی است سفید مایل بآبی و دارای جلای عالی نقرهٔ که دائماً در آن موجود است. تبلوران درسیستم مکعبی بوده ولی نوع متبلوران بسیارسخت وشکننده میباشد و سختی آن از شیشه بیشتر و نزدیك به ۹ است . وزن مخصوص کروم فلزی در ۲۰ درجه سانتیگراد ۶/۹۲ میباشد. نوع خالص آن در ۱۵۲۰ درجه سانتیگراد گداخته شده و در ۲۲۰۰ درجه بقلیان درمیاید . وجود کربن یا عناصر دیگر درکروم فلزی ، درجه گدازآن را پائین میآورند ولی درعوض بسختی واستحکام آن میافرایند .

خواص شیمیائی - کروم فلزی در اسیدکلریدریك و نیتریك وسولفوریك سرد بتدریج و با تأنی ولی در اسیدکلریدریك وسولفوریك گرم باسرعت حل گشته وتولید املاح مربوطه میکند . ولی اسید نیتریك گرم چندان اثری دراین فلزندارد . مقاومت فلزکروم که از طریقهٔ تجزیهٔ الکتریکی بدست آمده در برابر اثرات تبساه کننده و خورنده اسیدها و قلیائیها وعوامل جوی واکسیژن وگازکلر تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد بسیارخوب است وازاین جهت کروم را فلز فساد و زنگ ناپذیر میشناسند و بمنظور دارابودن این خواص دربسیاری ازموارد استعمال میشود .

علامت شیمیائی کروم (Cr) ، بوزن اتمی ۵۲ ودارای سه والانس میباشد .

مواداولیه وسنگهای معدنی کروم - کروم درحالت آزاد طبیعی یافت نمیشود

ولی در حالت ترکیب شیمیائی در بسیاری از سنگهای معدنی بوجود آمده است که مهمترین آنها عبارتند از کرومیت (Chromite) بفورمول $Cr_2O_3.FeO$ داوبریلیت (Daubreelite) بفورمول $Cr_2S_3 \cdot FeS$ یووارویت (Uvarovite) بفورمول $3CaOCr_2O_3 \cdot 3SiO_2$ کروکویزیت (Crocoisite) بفورمول $PbCrO_4$

ولی یگانه ماده معدنی که از آن کلیه محصول فلز کروم بدست میآید کرومیت $Cr_2O_3 \cdot FeO$ میباشد.

در شهابهای سنگی آسمانی Meteorite که هر چندی بسطح زمین سقوط میکنند مقدار کمی از این فلز موجود است ولی تابحال دیده نشده که محتوی کروم آنها بیش از ۰/۱٪ باشد. رنگ قرمز یاقوت و رنگ سبز سنگهای آذری (سرپانتین) و زمرد و بعضی از رنگهای دیگر سنگهای معدنی مرهون بوجود اکسید کروم در آنها میباشد.

در کانی شناسی، سنگهای معدنی کروم متعلق به سیستم اسپینل (Spinel) بوده زیرا در بعضی مواقع اکسید آهن و اکسید کرومیم بوسیله اکسید مانیزیم MgO و واکسید آلومینیم جایگزین ومعاوضه میگردند. مقدار اکسید کرومیم تغییر میکند ولی مادهایکه قابل استخراج است نباید کمتر از ۴۵٪ Cr_2O_3 داشته باشد.

کرومیت شباهت زیادی از حیث رنگ وشکل ظاهری به سنگ معدنی آهن مقناطیسی مانیتیت (Fe_3O_4) دارد ولی کرومیت اغلب بشکل ذرات ودانه های بسیار ریز درسنگهای آذری قلیائی که در اولیوین (Olivine) غنی میباشند بوجود آمده است. گاهی اوقات بشکل عدسی درتوده های عظیم وبصورت قلوه سنگ وبرآمده گی درسنگهای آذری قلیائی Ultra Basic مانندسرپانتین (Serpentine) وپریدوتیت (Peridotite) ودونیت (Dunite) پیدا میشود. مهمترین ممالك تولید کننده عبارتند از روسیه در کوههای اورال و افریقای جنوبی، ناحیه رودسی جنوبی و در سراليون (Siera leon) ایضاً دربسیاری از نقاط کانادا، امازونی؛ درکشور ترکیه وهندوستان

و بلوچستان و در ایران در ناحیه عباس آباد یافت و استخراج میگردد. سنگ کرومیت خوب بایددارای مشخصات ذیل باشد:

Cr_2O_3 ۴۰ـ۵۵٪ ـ SiO_2 ۱۱ـ۱۳٪ ـ فسفر ۰/۵ـ۰/۱٪ ـ گوگرد ۰/۵ـ۱٪ ـ نسبت کروم به آهن باید ۲ الی ۲/۵ به ۱ باشد.

اصول استخراج

استخراج کروم فلزی از مواد اولیه برحسب تقاضا و نیازمندیهای صنایع در سه طریقه انجام میگیرد که عبارتند از:

طریقه اول ـ گداز کرومیت در کوره های الکتریکی بمنظور بدست آوردن فرو کرم (Ferrochrome).

طریقه دوم ـ تبدیل کرومیت معدنی به کرومات بوسیله عملیات شیمیائی.

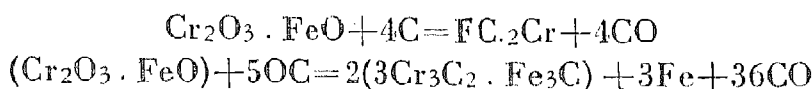
طریقه سوم ـ گداز کرومیت و احیاء نمودن اکسید بمنظور بدست آوردن کروم فلزی بوسیله الومینوترمی.

طریقه اول ـ چون درصنایع فلزکاری این عنصر را بیشتر بشکل فرو کروم بکار میبرند؛ از این جهت قسمت معظم کرومیت مستیقماً تبدیل به فرو کروم میگردد و طریقه ایکه بسیار معمول و متداول است از اینقرار است.

ابتدا کرومیت را درماشینهای سنگ شکن بقطعات کوچك ومناسب در آورده و با زغال چوب و باکك مخلوط کرده و در کوره الکتریکی جرقهٔ با مقداری آهك ـ کوارتز و فلورین (CaF_2) میگدازند. چون گداز این ماده نیاز بدرجات عالی گرما دارد لذا پوشش درونی کوره الکتریکی دردرجه اول باید از آجرهای کرومیت و در درجه دوم ازمایزیت باشد.

پس از آنکه مواددرکوره کاملا گداخته شد وبصورت مایع سیالی درآمد آنرا به پاتیلی انتقال داده وپس ازانجماد مواد مذاب درپاتیل یاچمچه،قسمت فلزی فرو کروم را از قسمت خاکی،سرباره جدا میکنند. فعل و انفعالاتیکه درکوره صورت میگیرند عبارتند از:

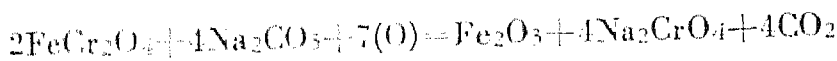
$$Cr_2O_3 . FeO + 4C = FC._2Cr + 4CO$$

$$(Cr_2O_3 . FeO) + 5OC = 2(3Cr_3C_2 . Fe_3C) + 3Fe + 36CO$$

از نقطه نظر فعل و انفعالات شیمیائی ، دو همبسته بوجود میآیدکه اولی یعنی ($Fe . 2Cr$)بدون کربن و دومی ($3Cr_3C_2 . Fe_3C$) کهمحتوی٤/١٠٪ کربن‌است صورت میگیرد ، ولی در عمل همیشه همبسته اولی تا انتهای عملیات پایدار نمیماند و همبسته دومی طوری خواهد بود که بیش‌از ٨٪ کربن نخواهد داشت . محصولاتیکه ازگداز کرومیت درکوره الکتریکی وتبدیل‌آن بفرو کروم بدست میآیندبه سه دسته تقسیم شده اند .

١ـ همبسته کروم وآهن که محتوی ١ـ٢٪ کربن است .٢ـ همبسته کروم‌وآهن که محتوی ٤ـ٦٪ کربن است ٣ـ همبسته کروم و آهن که محتوی ٦ـ٨٪ کربن است البته هرقدر مقدار کربن محتوی کمتر باشد ارزش اقتصادی و بازرگانی همبسته بیشتر خواهد بود .

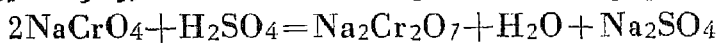
طریقه‌دوم ـ تبدیل کرومیت به بی کرومات دوسود یا پتاس که در طی عملیات زیر تولید میگردد .

کرومیت ٤٠٪ را با مقداری کربنات دوسود یاکربنات دوپتاس در یك کوره شعلهٔ ای تشویه مینمایند ولی اگر گوگرد کرومیت زیاد باشد لازم است آنرا ابتداء در کورهٔ جداگانهٔ تشویه‌نموده وگوگرد آنرا از بین برد والاگوگرد با پتاسیم و سدیم تولید املاح سولفات نموده که داخل کرومات خواهند شد ؛ و بالاخره آنرا خراب میکنند . پس از برطرف نمودن گوگرد، کرومیت آنرا بامقداری کربنات دوسود و سنگ آهك مخلوط کرده ودر کوره‌شعله‌ای‌مدت ٦ـ٨ ساعت گرما میدهند والبته گرما را باید طوری دراختیارداشته باشندکه محتویات کوره گداخته نگردد .

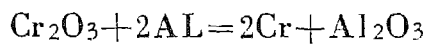
$$2FeCr_2O_4 + 4Na_2CO_3 + 7(O) = Fe_2O_3 + 4Na_2CrO_4 + 4CO_2$$

درحین عملیات بالا لازم است محتویات کوره را کاملا بهم زده و بغلطانند و پس ازخاتمه عملیات مواد تشویه شده را بخارج برده و روی سطح همواری گسترانیده تا درفضای آزاد سرد گردد . بعداً کرومات دوسدیم‌را(Na_2CrO_4) که حتماً مقداری آهك وکرومات دوکلسیم باخود دارد درحوضچه های آب جوش ریخته وباسولفات ـ دوسود مخلوط میکنند ؛ در نتیجه کلسیم بـا سولفات دوسود بترکیب سولفات کلسیم

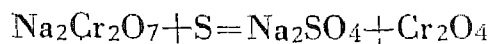
درآمده و ته نشین میشود و کرمات دوسود بحالت محلول باقی میماند. بعد از چندی محلول را ازصافیهای میکانیکی عبورداده ومحلول صاف شده را درحوضچه های دیگر برای تبخیروازبین بردن آب اضافی انتقال میدهند ودراین حوضچه ها کرومات دوسود متبلورمیگردد .

حال اگر بی کرومات دوسود مورد نیاز باشد کرومات دوسود متبلور را خشك کرده و بشکل گرد زرد رنگی درآورده ؛ درمخازن دیگری درآب گرم حل نموده و مقداری اسید سولفوریك بآن اضافه میکنند که فعل وانفعالات زیرصورت گیرند .

$$2NaCrO_4+H_2SO_4=Na_2Cr_2O_7+H_2O+Na_2SO_4$$

سولفات دوسدیم ته نشین شده ومحلول را پس ازصاف نمودن بمخازن وحوضچه های دیگر انتقال داده که پس از تبخیر آب اضافی آنرا متبلور نموده، خشك کرده ، بشکل گرد یا ذرات بلورین بیکرومات دوسود بفروش میرسانند .

طریقه سوم - استخراج کروم فلزی - کروم فلزی را از احیاء نمودن اکسید کرومیم بوسیله گرد آلومینیم بروش آلومینوترمی (Alunimothernic) بدست میآورند

$$Cr_2O_3+2AL=2Cr+Al_2O_3$$

شرح عمل - برای بدست آوردن اکسید کرومیم ابتدا ملح بی کرومات دوسود یا پتاس را در بوته آهنی که از خارج گرم میگردد باگوگرد در آمیزش درآورده تا اینکه گوگرد باسدیم موجود به ترکیب سولفات دوسود درآید و اکسید کرومیم را طبق فعل وانفعالات زیر آزاد سازد .

$$Na_2Cr_2O_7+S=Na_2SO_4+Cr_2O_4$$

محتویات بوته را بیرون آورده، منجمد نموده و درآب نسبتاً گرمی قرار میدهند که در آن سولفات دوسدیم حل میگردد و اکسید کرومیم ته نشین میشود . پس از صاف کردن و خشك کردن ، اکسید کرومیم را درکوره شعلهٔ کوچك که کف و جدار درونی آن از آجرهای مانیزیت پوشیده شده باگرد آلومینیم مخلوط کرده و بوسیله مفتول باریك مانیزیم فلزی توده را محترق میسازند . گرمای اضافی از خارج لزومی ندارد زیرا فعل و انفعالات شیمیائی که صورت میگیرند همگی بسیار گرما زا بوده و گرمای لازمه را برای گداز اکسید کرومیم و آزاد نمودن کرومیم بوجود میآورند .

گرمای ترکیبی AL_2O_3 درحدود ۳۹۲۶۰۰ کالری گرام و اکسید کرومیم ۲۲۳۹۰۰ کالری گرام میباشد .

البته فلز کرومیکه حاصل میشود مقداری آلومینیم بطور ناخالصی در بردارد ولی اگر فلز ۹۹/۵٪ کروم لازم باشد باید مقدار آلومینیم را نسبتاً در اختیار داشت و مواظبت کامل نمود . اگرچه فلز خالص کرومیم چندان استعمال صنعتی ندارد ولی هرگاه کرومیم ریخته شده مورد احتیاج باشد باید پس از گداختن درجه گرما را زیاد بالا برد که از غلظت و چسبنده گی فطاری بیرون آید و سیال بشود تا اینکه ریختن آن درقالب امکان پذیر باشد .

موارد استعمال ـ کروم فلزی خالص مورد استعمال صنعتی ندارد ولی چون کروم رنگ سفید نقره‌ای و جلای براق و مستمر و دائمی دارد و عوامل جوی چندان تأثیری در آن ندارد و زنگ نمی‌زند لذا بسیاری از اشیاء آهنی و مسی را از آب کروم میپوشانند و این عمل در نتیجه تجزیه الکتریکی یا الکترولیز کروم در محلول اسید کرومیك (H_2CrO_4) که مقداری سولفات کرومیم [$Cr_2(SO_4)_3$] نیز دارد با انود کرومیم یا سرب و یا طلای سفید انجام میگیرد . البته کاتود آن جسمی خواهد بود که روی آن آب کروم داده خواهد شد .

محلول الکترولیت از ۲۴/۵٪ اکسید کرومیم Cr_2O_3 و ۰/۳٪ سولفات کرومیم $Cr_2(SO_4)_3$ در گرمای ۲۰ درجه سانتیگراد تشکیل شده و شدت جریان در حدود ۱۰ امپر برای هر دسی متر مربع سطح کاتود است .

کروم بصورت فرو کرم در صنایع پولاد سازی و مواد نسوز زیاد بکار میرود زیرا کروم را به پولاد اضافه میکنند که سختی آنرا زیاد نماید . پولادهای ابزار معمولا مقدار ۰/۵ـ۱/۵٪ کروم دارند . برای ساختن پولادهای مخصوص . کروم را با نیکل و واناديوم در اندازه های مختلف به پولاد اضافه میکنند .

مهمترین همبسته های کروم آنهائی هستند که با نیکل تشکیل همبسته داده و از آنها فلزات مقاومت الکتریکی در کوره های الکتریکی و وسایل دیگر وغیره میسازند. نیکل با کروم همبسته‌ای میدهد که درساختن پولادهای زنگ ناپذیر (Stainless)

که معروف به همبستهٔ ۸/۱۸ یعنی ۱۸٪ کروم و ۸٪ نیکل است میباشد و در ساختن قاشق و چنگال و وسائل دیگر بکار میرود . همبسته دیگر موسوم به (Nichrome) محتوی ٦۱ـ٦٥٪ نیکل؛ ۱۱ـ۱۳٪ کروم ؛ ۲۱/٥ـ۲۲/٥ آهن ؛ ۰/۷۰ـ۱/۷٦٪ مانگانیز ؛ ۰/۲۲ـ۰/۲٦٪ سیلیس است و همبسته کروملChromel و استیلیت که محتوی ٥٥٪ کبالت است میباشند همبسته های مزبور میتوانند گرمای زیادی را متحمل شوند و استقامت خود را از دست ندهند .

آجرهای نسوز کرومیتی اگرچه گران هستند ولی نسبت به اثرات اسیدها و قلیائیها خنثی مانده و درجات زیادی از گرما را متحمل میگردد . در کوره های گداز فلزات اغلب درفصل مشترك آجرهای سیلیسی و مانیزیتی استعمال میشوند .

املاح کروم در بسیاری از کارهای شیمیائی و در دباغی چرم و دررنگ سازی بکار میرود .

کرومیت ایران

کرومیت در شمال قریه عباس آباد در کوه های اطراف قریه فرومد بشکل عدسی و توده اکتشاف گردید و بتهران برای ساختن بی کرومات دوپتاس و آجرنسوز فرستاده میشود . جنگ جهانی دوم باعث گردید که صنایع بی کرمات دوپتاس و آجرنسوز در ایران بوجود آید .

کارخانه بیکرومات دوپتاس سازی که نزدیك دروازه شمیران تهران ساخته شده بی کرومات دوپتاس را بهمان روش که شرح آن رفت میسازند و مواد اولیه آن از کرومیت معادن عباس آباد تأمین میگردد .

در کارخانه آجرنسوز امین آباد مقداری آجرنسوز کرومیتی میسازند که کاملا ازهرحیث رضایت بخش میباشدولی چون هنوز در کشور عملیات استخراج فلزات بطوریکه باید دایر و معمول نگردیده وازطرفی دیگر بهای آن زیاد است ، لذا این نوع آجر نسوز مورد استعمال زیادی ندارد وجای تأسف است که چرا تا بحال فکر صادر کردن این ماده به بازارهای بیگانه در دماغ مسئولین بانك صنعتی و معدنی ایران تا بحال

متبلور نگردیده است .

معدن کرومیت فرومد در ٤٠ کیلومتری شمال شرقی عباس آباد واقع است . ماده معدنی کرومیت در سنگهای سرپانتین قلیائی بوجود آمده و نتیجه تجزیه نشان داده است که عیار این ماده بین ٤٠ ـ ٥٠٪ (Cr_2O_3) میباشد . در اطراف فرومد رشته های دیگری ازسنگهای کرومیت داریافت شده که ذخیره مرئی آنهارابااکتشافات مختصری که تاکنون بعمل آمده به ٣٠٠٠ تن تخمین زده‌اند . در بعضی ازنقاط دیگر دررشته هائیکه ازشمال فرومد بشمال سبزوارمنتهی میگردد آثار کرومیت دیده شده و همچنین از جنوب نیشابور ـ رباط سفید ـ فریمان تا سرحدات افغانستان آثار این ماده‌معدنی مشاهده گردیده است .

کرومیت رباط سفید واقع در کوههای بین مشهد وتربت حیدریه بفاصله ٩٤ـ ١٠٠ کیلومتری جنوب شرقی‌مشهد ، درچهل محل‌آثاراین فلز دیده شده وجمع‌ذخیره تخمین شده‌این‌نواحی بالغ‌بر ٧٠٠٠تن‌میگردد‌و باکمال اطمینان میتوان گفت درصورت اکتشافات دقیق تری باوسایل فنی جدید مقادیر هنگفت ومعتنابهی از این ماده معدنی یافت‌خواهدشد. آثار کرومیت نیز در کوههای‌بشاگرداز نواحی مکران واقع در صد کیلومتری قصرقند دیده شده وآثار این ماده معدنی تاسرحدات بلوچستان وهمچنین درخود بلوچستان انگلیس‌ادامه داردکه درآنجاکاملابهره برداری میشود . دومعدن دیگر از این ماده معدنی که تاکنون‌کشف شده درتخت سلیمان ودیگری در باشگرد در حوالی میناب است ولی این نواحی احتیاج بعملیات اکتشافی دقیق تری دارند تا ذخیره آنها معلوم‌گردد .

نیکل

خواص فیزیکی وشیمیائی ـ نیکل فلزیست سفیدرنگ،دارای جلای فلزی و بوزن‌مخصوص ۸/۸٤؛در گرمای ١٤٥٣ درجه‌سانتیگراد گداخته‌شده‌و در ٢٤٥٠ سانتیگراد بقلیان‌درمیآید ـ خاصیت تورق ومفتول‌شدن‌وچکشخواری آن بسیارخوب‌ولی ازآهن سخت‌تر وقوی تر است .

نیکل بشکل ریخته شده‌دارای‌نیروی کشش ٣٥٠٠ ـ ٤٢٠٠ کیلو گرام‌درسانتیمتر مربع ودراثر عملیات گرمائی ومیکانیکی میتوان نیروی کشش آنرا به ٨٤٠٠ ـ ٩٨٠٠ کیلوگرم درسانتیمتر مربع ترقی داد . هدایت الکتریکی نیکل فقط ٩٦ درصد مس است . دردرجات معمولی هوا وگرما ودرآب ثابت‌وپایدارمیماند؛مقاومت آن‌دربرابر اثرات اسید ها و خورده گی و فاسد شدن بیش از آهن و مس بوده‌و نسبتاً زنگ ناپذیراست . نیکل‌دراسیدکاریدریك‌وسولفوریك‌بسختی‌واشکال‌حل‌میگردد ولی‌اثرات اسید ازوتیك برروی این عنصر آنی وسریع میباشد .

نیکل با بسیاری‌ازفلزات سنگین وردیف‌خود مانندکروم ـ مس ـ آهن ـ کبالت درترکیب درآمده و تشکیل همبسته‌های مهم صنعتیکه زیاد مورد استعمال دارند ومورداستفاده قرارمیگیرند میدهد .

علامت شیمیائی آن (Ni) ؛ دارای وزن اتمی ٥٨/٦٨ و از فلزات دووالانسی می باشد .

مواد اولیه وسنگهای معدنی نیکل ـ سنگهای معدنی نیکل دربسیاری‌ازنقاط دنیا یعنی‌دراغلب کشورهای‌اروپا ـ افریقا ـ آسیا وامریکا یافت میشود ولی درنقاطیکه این عنصر بطور وفور بوجودآمده و کلیه محصول نیکل دنیا از معادن آنها بدست میآید عبارتند از :١ـ کانادا درناحیه سادبوری .٢ـ جزیره کالدونی جدید ازمستعمرات

فرانسه ۳ـ شمال نوروژ وفنلاند در ناحیه پتسامو .

مواد معدنی نیکل جزیره کالدونی جدید درسال ۱۸٦۵ میلادی اکتشاف شد . ازآن سال یعنی ۱۸۷۵ ببعد شروع به بهره برداری شد وتاقبل ازاکتشاف معادن ایالت او نتاریو درکانادا، این ناحیه بزرگترین تولیدکننده نیکل بشمارمیرفت ولی امروز در درجه دوم وبلکه سوم اهمیت قرار گرفته است زیرا معادن آن نزدیك باتمام میباشد. مواد معدنی نیکل دراین جزیره ازسیلیکات آب دار نیکل ومانیزیم تشکیل شده وسنگ معدنی آن موسوم به گارنیریت (Garnierite) و بفورمول $(Ni'Mg)\,SiO^2 .HO_2$ که محتوی ۵ ـ ۷٪ نیکل؛ ۱۰٪ آب تبلور و ۲۰٪ رطوبت معدن است‌میباشد .

گارنیریت بشکل رگه‌های سبزرنگی درسنگهای آذری قلیائی موسوم به سرپانتین بوجود آمده ونوع خالص آن سبزرنگ است ولی البته هرقدر آهن آن زیاد باشد رنگ آن زرد و قهوه و سیاه میشود . چون در گارنیریت عناصری از قبیل مس و گوگرد موجود نیست ازاین لحاظ استخراج نیکل آن بطریقه مخصوصی انجام میگیرد .

امروز ازحیث کمیت، کیفیت واهمیت ، بزرگترین معادن نیکل دنیا در کشور کانادا درایالت اونتاریو (Ontario) ودرناحیه سادبوری (Sudbury) واقع گردیده است. دراین ناحیه توده های آذری خروجی موسوم به نوریت پکماتیت ـ Norite) (Pegmatite که درعهد ماقبل کامبریان بوجود آمده‌اند یافت میشوندو اضافه محتوی پیریت آهن (FeS_2) وپیروتیت (Pyrrhotite) بفورمول (Fe_8S_9) وکالکوپیریت بفورمول $(CuFeS^2)$ میباشند.دراین مواد معدنی،نیکل بصورت ذرات ریزومنتشر و پراکنده درسنگهائیکه محتوی پیروتیت است بوجود آمده وطوری است که نمیتوان آنرا با چشم روئیت کرد وتشخیص داد ؛ وفقط بوسیله آزمایش شیمیائی میتوان بوجود آن پی برد و یقین حاصل کرد. بعضی از کان شناسان براین عقیده‌اند که نیکل بـاید بترکیب $(Ni.Fe)_{11}S_{10}$ موسوم به پنتلاندیت (Pentlandite) وجود داشته باشد و ترکیب شیمیائی ماده مزبور از اینقرار است: ۳٦٪ Ni ؛ ۳۰/٤٪ آهن و ۳۲/٦٪ گوگرد . علاوه برنیکل وآهن و مس،این مواد معدنی شامل مقدار کمی از فلزات گران بهای دسته پلاتینم وبعلاوه طلا ونقره نیز میباشند که فلزات نامبرده را

درمات نیکل جمع نموده وبعداً آنها را ازمات نیکل جدا کرده وتصفیه میکنند. فلزات دسته پلاتینم شامل پلاتینم، پلادیوم وایریدیوم میگردند.

اصول استخراج

نظر باینکه مواد اولیه معدنی نیکل ازحیث ترکیب شیمیائی کاملا متفاوت میباشند لذا برای هر نوع از آنها یك طریقه استخراج بخصوصی وضع گردیده است واینك بشرح طرز استخراج نیکل ازمواد معدنی جزیره کالدونی جدید میپردازیم.

۱ - طریقهٔ استخراج نیکل از گارنیریت - طریقه ایکه برای گداز و استخراج نیکل ازسیلیکات آب دارومضاعف نیکل ومانیزیم معمول گردیده عیناً برهمان مبانی و اصول استخراج وگداز مواد اولیه مس استوار گشته وتنها اختلافیکه دراینجا مشاهده میشود این است که چون در گارنیریت گوگرد موجود نیست لذا مواد گداز آوراضافیرا ازیك نوع مواد معدنی انتخاب میکنند که درآنها گوگرد بمقادیر کافی موجود باشد.

مواد معدنی نیکل را بامقداری ژیپس یا سولفورکلسیم ($CaSO_4$) وپیریت آهن مخلوط کرده ودر کوره بلندی باکك میگدازند که درنتیجه مات نیکل بدست آید.

شرح عملیات - مواد معدنی را درماشینهای سنگ شکن بقطعات کوچك در آورده ومدتی درهوا خشك میکنند، سپس با ۳۳٪ وزن بار کوره، کك مخلوط کرده وبا مواد گداز آوری از قبیل ژیپس درکوره واترژاکت احیاء نموده تامات ۳۰ - ۴۰٪ نیکل بدست آید. مات نیکل را دردستگاه تبدیل کننده قرارداده وناخالصیهای آنرا بوسیله دمیدن هوا و اضافه نمودن مقداری مواد گداز آوراکسیده نموده و بداخل سرباره برده تا محصولیکه نتیجه میشود محتوی ۸۰٪ نیکل و ۲۰٪ گوگرد باشد سپس این مات مرحله دوم را درماشینهای سنگ شکن بقطعات کوچك در آورده و بعداً درآسیای کره ای بصورت گرددرآورده ودردستگاه تشویه میکانیکی وژ (Wedge) تشویه نموده تا وقتیکه محتوی گوگرد از ۲۰٪ به ۱٪ برسد و بالاخره قسمت معظم سولفور نیکل تبدیل به اکسید گردد؛ آنگاه اکسید نیکل را بوسیله مقداری زغال انتراسیت ویا زغال چوب در کوره شعلهٔ کوچکی احیاء نموده و نیکل نسبتاً خالصی که محتوی ۹۹/۵٪ Ni میباشد حاصل میگردد.

۴- طریقه استخراج نیکل در کانادا بوسیله شرکت
International Nickel Company

استخراج نیکل در کانادا که امروزه متجاوز از ۹۰٪ نیکل محصول دنیا از معادن آن بدست میآید شامل مراحل زیرین میگردد :

الف) پرعیار نمودن (کنسانتراسیوان) مواد معدنی نیکل و مس بوسایل مختلف تهیه و آرایش مواد معدنی .

ب) تشویه نمودن مواد اولیه گوگرددار و بعداً گداختن آنها بمنظور تحصیل مات نیکل و مس .

ج ـ جدا نمودن سولفور های نیکل و مس درمات از یکدیگر بطریقه آورفورد (Orford)

د) تصفیه نمودن نیکل بطریقه نیکل کاربونیل معروف بهروش موند (Mond) و یا بطریقه الکترولیز

شرح عملیات هریك از مراحل نامبرده دربالا بقرار ذیل است :

الف) پر عیار نمودن (کنسانتراسیون) مواد معدنی و تشویه آنها ـ

محتوی نیکل درمواد معدنی کانادا بین ۲ ـ ۴/۵٪ نیکل بوده و برای اینکه بتوان آنرا در کوره شعله گداخت باید قبلا با وسائلی عیار فلزی را زیاد کرد . مواد اولیه که ازمعدن بیرون میآیند بدستگاه خورد کن فرستاده شده و بعداً در آسیاهای مختلف بصورت گرد وذره درمیآیند و پس ازشستن از روی میزهای ویلفلی وغیره بداخل دستگاه فلوتاسیون رفته وسه محصول بدست میآید که عبارتند از :

۱ ـ مواد پر عیارشده نیکل و مس

۲ـ مواد پرعیار مس به تنهائی گداخته شده و مس سیاه با مس جوش دار حاصل میشود.

۳ـ پس ماندههائیکه ازمواد خاکی و بیقیمت تشکیل شده که بدور انداخته میشوند.

ب) مواد پر عیار شده نیکل و قدری مس که از دستگاه فلوتاسیون بیرون میآیند

چون این مواد محتوی ۲۰٪ گوگرد بوده لذا نمیتوان آنها را در این حال گداخت وحتماً باید تشویه نمود تا اینکه محتوی گوگرد از ۲۰٪ به ۱٪ و یا حتی صفر تنزل یابد و کلیه مواد سولفوره تبدیل

باکسید گردند . وسایل تشویه که بدین منظور بکار میروند عبارتند از دستگاه تشویه وژ - هر شهوف وهبرلاین که درفصل «تکلیس وتشویه» شرح مفصل آنها داده شده و دراینجا لازم بتذکر وتکرار نیست .

عملیات گداز - پس از آنکه مواد اولیه تشویه شد وگوگرد محتوی ازبین رفت مواد تشویه شده راگرم گرم بداخل کوره شعلهٔ که بلافاصله دراشکوبه تحتانی دستگاه تشویه ساخته شده انتقال داده ودرآنجا میگدازند. بارکوره شامل مواد اولیه پرعیار شده وتشویه شده ومقداری شن وماسه وسرباره کهنه که ازعملیات قبلی بدست آمده میگردد . دراینجا مواد اولیه گداخته شده ویك مات مختلط مس ونیکل که رویهمرفته محتوی ٪۱٦/۵ (Ni - Cu) میباشد بدست میآید . حال این مات را بدستگاه تبدیل کننده برای بالا بردن محتوی فلزی نیکل و برطرف نمودن ناخالصیهای موجود در آن میفرستند . دردستگاه تبدیل کننده دراثر دمیدن هوای متراکم بدرون مات نیکل ومس - آهن محتوی زودتر اکسید شده وگوگرد بااکسیژن بصورت گاز (SO_2) وبا آهن بصورت سولفور خارج میگردد . سپس آهن اکسید شده بامقداری سیلیس که ازخارج بعنوان مواد گداز اور اضافه میشود ویاز پوشش درونی کوره گرفته میشود تشکیل سیلیکات داده وبصورت سرباره درمیآید .

محصول دستگاه تبدیل کننده یك ماتی است که محتوی ٪۵۰ نیکل؛ ٪۲٦ مس؛ ٪۲۳ گوگرد ؛ و٪۰/۵ آهن است .

ج) جدا نمودن سولفور نیکل از سولفور مس بطریقه اورفورد -

طریقه اورفورد براین اصل قرار گرفته که هرگاه سولفور نیکل و سولفور مس با سولفوردوسدیم درکورهٔای بگدازند وبعداً مواد گداخته را درپاتیل یا چمچهٔ انتقال دهند ؛ پس ازانجماد وسرد شدن درپاتیل دولایه مشخص وقابل جدا شدنی بوجود میآیند که لایه تحتانی ازسولفور نیکل ولایه فوقانی ازسولفورمس وسدیم تشکیل گردیده‌اند . ازاینجهت محصول دستگاه تبدیل کننده را بقطعات کوچك درآورده و با مواد گدازآوری ازقبیل سولفات دوسدیم ونیترات دوسدیم مخلوط کرده و در کوره بلند

واترژاکت باکاك احیاء مینمایند . سپس مواد گداخته را درپاتیل ریخته تا متدرجاً سرد شوند. سولفور مس که بمقدار زیادی قابلیت حل درسولفورسدیم(Na_2S) دارد هم بستهٔ تشکیل داده که دارای وزن مخصوص سباك تری بوده ودرپاتیل بالاآمده وطبقه فوقانی را تشکیل میدهد. ولی ازطرفی دیگرسولفور نیکل چون چندان قابل حل درNa_2S نمیباشدو بهمان حال اصلی باقی مانده ودرته پاتیل ته نشین میگردد . حال پس ازسرد شدن میتوان این دولایه را بسهولت از یکدیگرجدا نمود و هریك را جداگانه عمل کرد که بالنتیجه هم نیکل وهم مس بدست آید .

جدا کردن مس ـ مواد گداخته که درپاتیل وچمچه ها منجمد میشوندازدولایه تشکیل شده اند که لایه فوقانی محتوی ٤٠٪ مس و٤٪ نیکل است . پس ازجدانمودن آن را درماشینهای سنگ شکن خورد کرده ودریك کنورتور قلیائی دیگری ریخته و هوای متراکم رابدرون آن میدمند .دراثراین عمل سولفوردوسدیم (Na_2S)اکسیده شده ومبدل به سولفات دوسود (Na_2SO_4)میگردد ، واین ملح درهیچیك ازسولفور های نیکل ومس قابل حل نمیباشد و چون سولفور های فلزی مزبور سنگین اند لذا دردستگاه تبدیل کننده ته رفته وسولفات دوسود مانند سربارهٔ روی آمده بقسمیکه میتوان آنرا ازمواد فلزی جدا نمود . سولفور مس را بعداز خارج نمودن از دستگاه تبدیل کننده. بازتشویه نموده ودر کورهٔ دیگری تبدیل بمس سیاه یامس جوش درمیکنند دراین مرحله ، عملیات گداز عیناً مانند عملیات استخراج مس میباشد؛ جزاینکه پوشش درونی دستگاه تبدیل کننده دراینجا باید ازخاك رس باشد که باملاح سدیم که موجود است بسهولت تشکیل سرباره داده وازمس فلزی جدا گردد .

جدا کردن نیکل ـ محصولات گداز اولیه که درپاتیل یاچمچه منجمد میشوندازدولایه اصلی ترکیب یافته که لایه زیری بیشتر محتوی سولفور نیکل بوده یعنی ٦٥٪ نیکل وفقط ٩٪ مس دارد پس از شکاندن ودر آوردن آن بقطعات کوچك مقداری کاك ونمك طعام باآن مخلوط کرده ومجدداًدر کوره بلند. واترژاکت میگدازند ومحصولات کوره را درپاتیل ویا چمچه میریزند . پس ازانجماد،دولایه مشخص بوجود میآیند که لایه فوقانی محتوی کلیه ویا قسمت اعظم مس میباشد که پس از جدا نمودن آنرا به دستگاه

استخراج مس میبرند . لایه زیرین این دفعه محتوی ۷۲٪ نیکل وبصورت سولفور آن یعنی NiS خواهد بود . بطورکلی محصولات طریقه اورفورد عبارتنداز :

۱ ـ مس«جوشدار» یا «مس سیاه» که درقسمت کارخانه استخراج مس تبدیل بمس تصفیه‌شده‌میگردد .

۲ـ سولفور نیکل است که بطرق زیر تصفیه شده وتبدیل به نیکل خالص می شود .

د) تصفیه نیکل - امروزدوطریقه متمایز ومشخص درتصفیه نیکل معمول‌است که عبارتند از :

اول ـ طریقه موند (The Mond Process) کـه در انگلستـان منحصراً بکار میرود .

دوم ـ طریقه الکتریکی که در کانادا وکشورهای دیگر معمول است .

طریقه موند - طریقه موند یاطریقه نیکل‌کاربونیل براین‌اصل شیمیائی استوار گردیده که نیکل میتواند دردرجات گرمای کم بااکسید دوکربن (CO) ترکیب‌شده تولید ترکیبی باسم نیکل کاربورنیل بفورمول $Ni(CO)_4$ بنمـاید بدون شك این طریقه وقتی بکار میرود که مواد اولیه‌تماماً بشکل (NiO) باشد . ازاین لحاظ‌سولفور نیکل (NiS) که ازگداز ثانوی طریقه اورفورد بدست میآید از کانادا بـانگلستان بشهر کوچك (Clydach) که درآن‌کارخانه Mond بناگردیده فرستاده میشود . درانیجا ابتداء سولفورنیکل را درآب ریخته که‌املاح سدیوم‌موجود درآن حل‌شوند سپس خشك‌کرده ودرکوره‌های تشویه میکانیکی ازنوع وژتشویه میکنند تـا محتوی گوگرد پائین‌آید وبه ۱٪ برسد.پس ازبرطرف نمودن‌گوگرد و تبدیل (NiS) بـه (NiO) مواد تشویه شده وارد دستگاه موند میشوند

حـال تبدیل اکسید نیکل بـه نیکل خالص درطریقه نیکل کاربونیل در سه مرحله اصلی انجام میگیرد .

اول ـ مرحله احیاءنمودن اکسید نیکل بوسیله گاز آب درگرمای ۳۰۰ ـ ۴۰۰ درجه سانتیگراد .

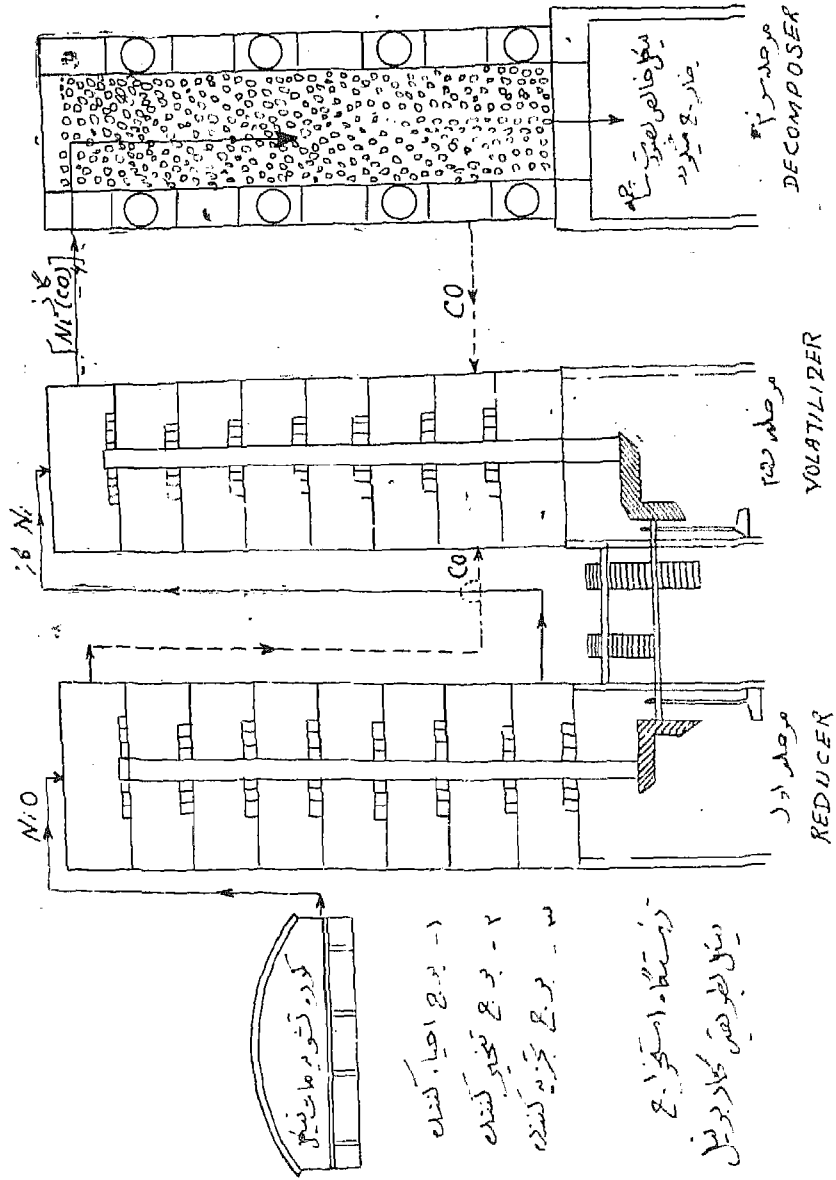
دوم ـ مرحله تبخیر و تصفیه نیکل بشکل نیکل‌کاربونیل $Ni(CO)_4$ بوسیله گاز اکسید دوکربن .

سوم ـ تجزیه وتفکیك نیکل کاربونیل درگرمای ۱۸۰ درجه به نیکل خالص واکسید دوکربن .

۱ ـ مرحله احیاء نمودن اکسید نیکل(Reduction)ـاکسید نیکل که از دستگاه های تشویه بیرون میآید به برجهای استوانه که هریك به بلندی۱۵متر وبقطر ۲متر استوداخلآ نهاچندین‌سینی که حول‌یك‌محورمرکزی قرارگرفته‌اند انتقال‌داده میشود . دروسط این برج یك میلهٔ بشکل محورمرکزی‌ساخته شده‌که بدان چندپارو ودستاك متصل است وبوسیله‌آنها مواد ، درروی سینیها بهم زده‌میشوند . اکسیدنیکل بشکل‌گرد ازقسمت فوقانی‌برج داخل شده‌وازسینی فوقانی به سینی بعدی‌که بلافاصله زیران قرارگرفته بترتیب ریخته شده تا اینکه بآخرین سینی که درانتهای برج قرار گرفته برسد . درجه‌گرما درونی دراین برج بین۳۵۰ـ۴۰۰ درجه سانتیگرادمیباشد ودرموقعیکه دانه‌های اکسیدنیکل ازیك‌سینی بسینی پائین تری ریخته میشوندد‌رمسیر نزولی برخورد بگاز آب‌که محتوی ۶۰٪ ئیدروژن و ۳۶٪ اکسید دوکربن است میکنند ودرنتیجه‌فعل وانفعالاتیکه وقوع میبابداکسیدنیکل احیاء شده وبه ذرات‌نیکل غیر خالص تبدیل میگردد .

$$NiO + H_2 = Ni + H_2O$$

درحدود ۹۷٪ اکسید نیکل موجودطبق فعل وانفعال بالااحیاء میگردد و۳٪ بقیه بوسیله اکسید دوکربن احیاء میشود ولی اغلب اکسید دوکربن درگاز آب بمصرف تولید نیکل کاربونیل میرسد .

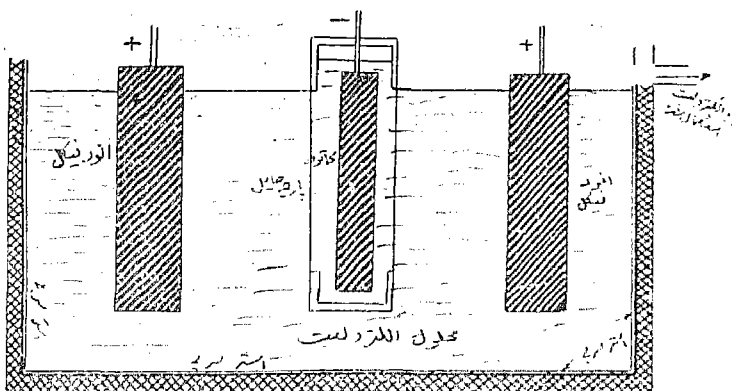
۲ ـ مرحله تبخیر وتصعید ـ(Volatilisation)ـدستگاه تبخیر عیناً مانندبرج قبلی بوده وتنها اختلاف موجود این است‌که دیگر گرمائی از خارج لازم ندارد ، زیرا فعل و انفعالات شیمیائی دراین برج در گرمای معمولی و متعارفی صورت میگیرند مواداحیاء شده یعنی (Ni)خام‌وناخالص‌ازقسمت‌فوقانی واردبرج شده‌و بطرف پائین ازسینی بسینی زیری دیگرسرازیر گشته‌ودرمسیر نزولی برخورد باگازاکسیددوکربن (CO)که ازبرج احیاء‌کننده میآید میکنند و درنتیجه ذرات نیکل درگرمای ۴۳ـ۴۵ درجه سانتی‌گراد بااکسید دوکربن تولید ترکیب فراری موسوم بـه نیکل کاربونیل $[Ni(CO)_4]$ میدهدکه ببرج تجزیه وتفکیك یعنی‌مرحله آخری‌ارسال میگردد .

شکل (۲۲۷) دستگاه استخراج نیکل بطریقه نیکل کاربونیل (موند)

۳ ـ مرحله تجزیه و تفکیك نیکل کاربونیل (Decomposition). دستگاه تجزیه و تفکیك ازیك برج استوانه‌ای شکل تشکیل یافته. وازخارج عیناً مانند برجهای قبلی میباشد ولی درون آن ازشش قسمت مرکب شده ، بقسمیکه میتوان هرقسمت را ازخارج بوسیله اشتعال گازمولد گرم نمود . نیکل کاربونیل بحالت بخار ازقسمت فوقانی برج وارد شده ودر مسیر نزولی به نیکل خالص که بشکل ساچمه در آمده و دائماً درجریان‌اند ودر گرمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد میباشند تماس نزدیك پیدا کرده نیکل کاربونیل تجزیه شده وذرات نیکل خالص روی سطوح کروی ساچمه‌های می‌نشینند و در نتیجه بقطر آنها میافزایند ولی اکسید دو کربن آزاد گشته ومتصاعد میگردد .

بنا بر این محصول طریقه موند نیکل ساچمه ایست که محتوی ۹۹/۸٪ Ni میباشدومدتیکه لازم است قطریك ساچمه به ۱ سانتی متر برسد اقلا شش ماه است . آنچه که ازبرج وسطی یعنی برج تبخیر و تصعید باقی میماند ببرج اولی فرستاده میشود ومجدداً داخل عملیات میگردد. دراینجا باید متذکر شد که این تنها ویگانه کارخانه ایست در دنیا که نیکل خالص را بدین طریق بدست میآورد .

دوم ـ تصفیه نیکل بطریق الکترولیز ـ سولفور نیکل (Ni_3S_2) که از گداز ثانوی طریقه اورفورد بدست میآید ابتداء باآب شسته تا اینکه املاح سدیم حل شده وبرطرف شوند وسپس آنرا خشك کرده ودردستگاه تشویه دوایت لوئید یاوژ تشویه نموده تا محتوی گوگرد پائین آید و به ۰/۵٪ برسد و در نتیجه قسمت معظم سولفور نیکل تبدیل به اکسیدان شود؛ آنگاه اکسید ناخالص نیکل را بوسیله زغال در کوره شعله احیاء نموده ونیکل فلزی را در قالب های انود میریزند .

اندازه انود ۰/۹۰ × ۰/۶۸ متر وبوزن ۲۰۰ کیلو گرام است . ترکیب شیمیائی آن ازاین قراراست: نیکل ۹۰ ـ ۹۵٪ ؛ مس ۲ ـ ۴٪ ؛ آهن ۰/۷۵ ـ ۰/۶٪ ؛ گوگرد ۰/۲ ـ ۰/۷۵٪ . الکترولیز درحوضچه‌هائی بابعاد ۸ متر طول و ۰/۸۵ متر عرض و ۱/۳۰ گودی ؛ که ازتخته با آستر سربی و یا اسفالت ساخته شده انجام میگیرد. محلول الکترولیت از سولفات نیکل که محتوی ۴۰ گرام نیکل آزاد و ۲۰ گرام اسیدبوریك و ۳۵ گرام سولفات دوسود درهرلیتر میباشد تشکیل یافته است . در اثر جریان نیروی برق نیکل و مس و آهن

حل شده و بداخل محلول الکترولیت میروند و برای اینکه از تـه نشین شدن فلزاتی مثل مس و آهن بر روی کاتود جلوگیری شود ، معمولاً کاتود را که از نیکل خالص است دریك کیسه یا پارچه محکم وریزبافی آویزان میکنند و محلول الکترولیت را باسرعتی ازدرون پارچه عبورمیدهند تا اینکه یونهای مس و آهن فرصت رسوب کردن ونشستن روی کاتود را نداشته باشد . درحقیقت یونهای نیکل که ازانود جدا میگردند و در

(شکل ۲۲۸) حوض الکترولیز نیکل

محلول الکترولیت شناورند مستقیماً روی کاتود رسوب نمیکنند بلکه با یونهای آهن ومس کاملا مخلوط میباشند و باید آنرا تصفیه نمود و بداخل کیسه‌ایکه در آن کـاتود معلق است بجریان انداخت.ازاین جهت محلول الکترولیت را از حـوضچه ها بیرون آورده ودر مخازن دیگر بادانه‌های نیکل خالص تکان داده وبهم‌میزنند تا مس‌رسوب کند؛اماآهن را دراثر تهویه اکسیده میکنند ؛ یعنی بـدرون محلول الکترولیت هوا دمیده ودرنتیجه هیدرات آهن تشکیل شده وبصورت رسوب سنگین قهوهٔ رنگی تـه نشین میشود . حال محلول زلال الکترولیت که خالی ازمس وآهن است بوسیله تلمبه بدرون کیسه‌ایکه درحوضچه‌های الکترولیز معلق است میریزند ودراینجا یونهای نیکل بدون مانع روی کاتود رسوب کرده وبرحجم ووزن آن میافزایند.وقتیکه وزن‌صفحات کاتود به ۵۵ کیلو گرام رسیدآنها را بیرون آورده و مجدداً درکوره شعلهٔ گـداخته و برحسب تقاضا باشکال مختلف درمیآورند .

رسوبات حوضچه ها که معمولا به «لجن انود» معروف‌اند بیرون آورده ، با

آب شسته و در کوره شعله تشویه میکنند، ولی بمنظور بدست آوردن فلزات گران بهائیکه درمواد اولیه نیکل موجود بودند عملیات‌لازمه شیمیائیرا انجام میدهند

دربازارهای فلزات، نیکل خالص را یا بشکل شمش هائی بابعاد ۰/۳۷×۰/۴۰×۰/۰۸ متر وبوزن ۲۲/۵ کیلوگرام ویا بشکل ساچمه؛ حب ودانه که دربشکه‌های ۲۲۰ کیلوگرامی قرارگرفته‌اند و یا بشکل صفحات کاتود و یا بصورت نیکل مالیابل (چکشخوار) ویا بشکل املاح مختلف نیکل بفروش میرسانند.

موارد استعمال نیکل ـ موارد کاربری صنعتی نیکل وهم بسته های آن بسیار زیاد ومتنوع میباشند وازنقطه‌نظر اهمیت‌وکمیت استعمال نیکل دراشیاء صنعتی موارد آن بترتیب ازاین قراراست.

۱ ـ پولاد نیکل دار ۲ ـ فلزمونل ۳ ـ هم‌بسته نیکل ونقره ٤ ـ همبسته نیکل ومس ٥ ـ آب دادن بانیکل ٦ ـ همبسته نیکل وکروم و آهن یا همبسته‌هائیکه در گرما مقاومت واستحکام خود را ازدست نمیدهند ۷ ـ نیکل چکشخوار ۸ ـ سکه‌جات ۹ ـ املاح نیکل ۱۰ ـ کاتالیزور Catalysts واکسید نیکل در صنایع کوزه‌گری و چینی سازی.

پولاد نیکل ـ پولاد نیکل دار در سال ۱۸۸۹ بوسیله جیمزرایلی (James Riley) در شهر گلاسکو ساخته شده و از آن ببعد مورد استعمال آن بسرعت عجیبی زیاد شدزیرا درنتیجه‌آزمایشهای زیاد معلوم گردید که اضافه نمودن نیکل به پولاد بسیاری ازخواص آنرا بدون کم کردن وکاستن از خواص دیگر بهتر میسازد و اگر کروم هم با نیکل اضافه گردد اثرات مفیدی که نیکل درپولاد ایجادمینماید زیاد تروشدیدتر میسازد.

مقدارنیکل به‌تنهائی درپولاد بین۰/۵ـ۳/۵٪ تغییرمیکند وپولاد نیکل‌دارموارد استعمال زیادی درصنایع اتوموبیل‌سازی، درساختن دنده؛ میله لنگ و ریخته گریهای مختلف ودرپلهای فلزی ودرپل‌راه‌آهن مخصوصاً درنقاط‌تقاطع ومنحنی ها، درلکوموتیوها درساختن ابزارهای مختلف‌وارههای نواری، میله‌ولوله‌تفنگ‌وفنرها وپره‌های‌توربین‌ها دارد. هم‌بسته نیکل باکروم یکدسته ازپولاد های زنگ نابذیررا تشکیل میدهند که

مهمترین نوع آنها ترکیبی است که محتوی ۱۸٪ کرومیم و۸٪ نیکل است و موسوم به فلز ۸/۱۸ میباشد. پولاد های نیکل داری که محتوی نیکل آنها بین ۲۵ - ۴۰٪ نیکل میباشد برای استفاده از خواص فساد ناپذیری ومنبسط نشدن در گرمای زیاد بکار میروند. پولادیکه محتوی ۳۶٪ نیکل است موسوم به این وار (Invar) بوده وضریب انبساط آن صفراست. این فلز درساختن ساعت‌ها و اندازه گیرهای فلزی ودرمساحی و نقشه برداری بسیار معمول ومتداول میباشد.

پولادیکه محتوی ۸۰٪ نیل و۲۰٪ آهن است ودراصطلاح موسوم به پرمالوی (Permalloy) است دارای خواص مقناطیسی خوبی بوده و بدین منظور بکار میرود. قوی‌ترین مقناطیس وآهن رباهای صنعتی راازهمبسته نیکل و کبالت میسازند و بهترین آنها محتوی ۲۰٪ نیکل ؛ ۵٪ کبالت ؛ ۱۲٪ آلومینیم و ۶۳٪ آهن است اخیراً بسیار معمول گردیده که درچدن مقداری نیکل اضافه شود که بآن خواص متمایزی بدهد.

۲ - فلز مونل (Monel) - مونل هم بستهٔ طبیعی نیکل ومس و مقداری آهن ومانگانیز است ونوعیکه زیاد درصنایع فلزات بکارمیرود از ۶۷٪ نیکل ؛ ۲۸٪ مس و۵٪ آهن ترکیب شده است. درمواد معدنی نیکل که مقداری مس نیزموجود است مثل بعضی مواد معدنی معادن کشور کانادا در حین استخراج نیکل از اینگونه مواد اولیه مرحلهٔای میرسد که دیگر سعی نمیشود مس را ازنیکل جدا سازند و همچنان این عنصر را باقی گذاشته که با نیکل تشکیل هم بسته دهد. این همبسته معروف به فلز «مونل» میباشد وموارد استعمال زیادی پیدا کرده است زیرا میتوان آنرا نورد کرد بصورت سیم ومفتول درآورد ودرقالبهای مختلف ریخت، بعلاوه میتوان آنرا جوش داد و برروی آن لحیم کاری نمود.

۳ - همبسته نیکل بامس - این دوفلز باهم دردرجات واندازه های مختلف قابل حل بوده وتشکیل همبسته میدهند. همبسته‌هائیکه دارای مس بیشتر و نیکل کمتری هستند برنك قرمز در میایند ولی هرقدر محتوی نیکل زیاد شود. رنگ آنها سفید ترو برنگ نیکل خالص نزدیك میشود. از این دوفلز همبسته های مختلفی میسازند که

محتوی نیکل آنها بین ٥ر٢ ـ ٧٠٪ نیکل تغییر میکند.

٤ ـ همبسته نیکل ومس وروی که دراصطلاح معروف به نقره آلمانی و یاورشو میباشد در بسیاری از فلز کاریها از قبیل کارد و چنگال ووسایل غداخوری بکار میرود . بعلاوه درجواهرسازی وقاب وقالب ساعت‌ها وسماوروظروف دیگر زیادمعمول شده است.عناصر ترکیب کننده آن برحسب استعمال تغییر میکندودراین حدومیباشد نیکل ۳۰ ـ ۵۰٪ ؛ مس ٤٥ ، ۷۵٪ ؛ روی ٥ ـ ۳۰٪.

ازنقطه نظر مقاومت در برابـر اثرات اسیدها وقلیائی ها و زنگ زدن وسائیده شدن،ازنیکل وهمبسته‌های آن ظروف مختلفی برای غدا خوری وانباشتن مواد دهنی و لبنیات و بـرای حمل ونقل رنگ وروغن جات و مواد اولیه کارخانجات شیمیائی میسازند

از نقطه نظر مقـاومت در برابر گرمای زیاد ، نیکل را در اغلب فلز هائیکه در ساختمان قالب های شیشه وبلورسازی وداخل مشعل ها Borners و شمع های الکتریکی برای تولید جرقه در اتوموبیل وغیره بکارمیبرند .

از نقطه نظرخوش رنگی ولطافت سطح خارجی وبسیاری ازاشیاء مسی وآهنی وپولادی را ازنیکل آب داده که بخود جلای عالی ورنگ نقره فام بگیرد آب دادن بوسیله تجزیه الکتریکی نیکل انود ۸۰ ـ ۹۰٪ نیکل درمحلول الکترولیت سولفات نیکل آمونیاکدار صورت میگیرد .

نیکل ایران

سنگهای معدنی سولفور وارسنور نیکل مخلوط باسنگهای کانی مس درمعادن تالمسی ومسکنی وبخصوص درسنگهای آذری سرپانتین معادن ترکمنی ، گوده مرادو چاه شوره درناحیه انارك یافت شده وتاچندی قبل که عملیات استخراج وبهره‌برداری ازاغلب معادن نامبرده بابرنامه مرتب و معین وبـا جدیتی انجام میگرفت مقداری از سنگهای معدنی نیکل نیز استخراج نموده . ودرسر معدن تالمسی گداخته ومبدل بماشپایس نیکل (Nickel Speiss) مینمودند. عملیات گدازدر کوره شماهای کوچك ٥تنی که درسر معدن تالمسی بناشده بوده صورت میگرفت . ابتداء سنگهای معدنی ومواد اولیه

نیکل‌دار را درموقع سنك جوری ازسنگهای معدنی دیگر جدا نمود . وپس از آنکه بمقدار کافی جمع آوری‌میشد در یك کوره شعله ای تشویه کرده تاگوگرد وارسنیك محتوی آنها،پائین آید ؛ سپس‌مواد تشویه شده را ازکوره خارج‌کرده ، سرد نموده و مقداری‌سنك آهك‌و سر باره‌های کهنه‌مخلوط‌نمودودرنتیجه ،بارمناسبی‌ساخته‌ودرکوره شعله‌ای دیگری شدیداً گرما داده تا اینکه نیکل ومس موجود بصورت ماده‌مذابی در آمده و تشکیل اشپایس دهند . محتوی نیکل در این اشپایس در بین ۴۰ ـ ۴۵٪ (Ni) بود . واین ماده را درهمین حالت بفروش میرسانیدند ، زیرا وسایل عملیات تصفیه‌و بالا بردن عیارنیکل به نیکل صد در صد خالص فعلا در کشورموجودنیست .

اثرات املاح وسنگهای معدنی نیکل در رباط سفید واقع در یکصدکیلومتری جنوب مشهدنیز مشاهده گردیده ولی متاسفانه اطلاعات زیادتری هنوز در دست نیست تابتوان ارزش حقیقی و اقتصادی انهارا تعیین نمود

کبالت

خواص فیزیکی و شیمیائی ـ کبالت فلزیست آبی رنگ مایل بسفید، بوزن مخصوص ۸/۷۹ و نوع خالص آن در ۱۶۱۰ درجه سانتی گراد و نوع بازرگانی آن بین ۱۴۴۰ـ۱۴۸۰ درجه سانتیگراد گداخته میشود . درجه قلیان آن بطور یقین هنوز معلوم نگردیده است . درصورت ظاهر و در بسیاری از خواص عمومی، کبالت شباهت زیادی به نیکل دارد و در تناسب های مختلف این دو فلز در یکدیگر قابل حل بوده و بصورت هم بسته در میآیند. در بسیاری از مواد معدنی نیکل، کبالت نیز وجود دارد و چون وجود این فلز چندان تأثیری در خواص عمومی نیکل نمیکند، لذا اگر مقدار آن در نیکل کم و ناچیز باشد بهمان حال باقی گذاشته شده و این دو را از یکدیگر جدا نمیکنند. کبالت فلزی خالص در خواص میکانیکی از نیکل خالص وسخت تر و محکم تر بوده و برای آب دادن مناسب تر از نیکل و کروم است، ولی نظر به کمیابی و گرانی قیمت این فلز چندان مورد استعمال صنعتی ندارد زیرا بهای بازرگانی آن چهار برابر نیکل میباشد و سالیانه در حدود ۱۰۰۰ تن از معادن کشورهای مختلف استخراج میگردد

یکی از خواص برجسته و متمایز کبالت، خاصیت آهن ربائی دائم آن میباشد. این خاصیت را حتی در گرمای ۱۱۵۰ درجه سانتی گراد درخود نگاه میدارد، در صورتیکه آهن فقط تا ۷۶۸ درجه و نیکل تا ۳۵۰ درجه سانتیگراد حالت مغناطیسی دارند و در درجات بالاتر خاصیت مزبور را بکلی ازدست میدهند .

علامت شیمیائی کبالت (Co) بوزن اتمی ۵۸/۹۷ و از فلزات دو والانسی میباشد در اغلب اسیدها و مخصوصاً در اسید نیتریك حل شده و تولید املاح کبالتو و کبالتیك مینماید؛ ولی املاح مزبور در آب بآسانی حل میشوند .

مواد اولیه و سنگهای معدنی ـ کبالت فلزیست نسبتاً کمیاب و در نقاط محدودی در قشر زمین تا بحال اکتشاف شده و مورد بهره برداری واقع گردیده. مهمترین نواحی

که در آنها کبالت بحدقابل استخراجی یافت میشود عبارتند از ۱ـ ناحیه« کبالت» در ایالت اونتاریو در کشور کانادا ۲ـ در ناحیه میسوری در ایالت متحده امریکا ۳ـ در جزیره کالدونی جدید ٤ـ در ناحیه کاتانگا در کنگوی بلژیك ٥ـ در رودسی شمالی در افریقای جنوبی ٦ ـ در مراکش ۷ـ در آلمان ۸ـ دراسترالیا .

اصولا کبالت بیشتر در رگه های نیکل و کمتر بامس توأم و باهم بوجود آمده اند و میتوان گفت که دراغلب سنگهای نیکل دار، کبالت هم نیز کم و بیش یافت میشود .
سنگهای معدنی کبالت عبارتند از سولفورو ارسنور که باسنگهای سولفورو ارسنور نیکل توأما دریك جا یافت و دریك حالت بوجود آمده اند .
مهمترین آنها عبارتند از ۱ ـ کبالتیت (Cobaltite) بفورمول (CoAsS) ۲ـ اسمالتیت (Smalltite) بفورمول (CoAs) ۳ـ اریتین (Erytine) بفورمول (CoAsO. 8HO) و بشکل ناخالصی در بسیاری از مواد معدنی نیکل از قبیل (NiS) (NiAs) و میس پیکل (FeAsS) موجود میباشد .

اصول استخراج

بطورکلی تهیه و استخراج کبالت فلزی خالص بسیار پیچیده و بغرنج و شامل عملیات زیادی میباشد، زیرا از طرفی مواد اولیه ومعدنی آن درمحتوی فلزی فقیر بوده وازطرفی دیگر این عنصر همیشه بهمراه عناصری مانند نیکل ـ مس ـ ارسنیك ـ آهن وانتیموان میباشد که درهرمرحله یك یاچندی از آنها را باید جدا نموده وبرطرف ساخت . متأسفانه تا بحال طرق استخراج عملی کبالت ازمواد اولیه آنطوریکه باید و شاید ازطرف کارخانجات تولیدکننده دردست رس هنرآموزان و دانشجویان اصول استخراج فلزات قرارنگرفته «وفوت کاسه گری» آن افشاء نشده است ولی طریقه ایکه بمنظور بررسی دراینجا ذکرمیشود شامل مراحل زیرین است .

۱ ـ گداز مواد اولیه درکوره بلند جهت تحصیل اشپایس (Speiss) توضیح آنکه اشپایس بترکیب مات است جز اینکه بجای گوگرد ، آرسنیك دارد

۲ ـ تشویه اشپایس برای پائین آوردن مقدارارسنیك وتقطیرآن .

۳ ـ تبدیل مواد تشویه شده بسولفات وحل کردن دراسید سولفوریك

۴ ـ برطرف نمودن مس وآهن موجود درمواد عمل شده .

۵ ـ رسوب دادن اکسید کبالت واحیاء آن برای بدست آوردن کبالت فلزی

۱ـ گداز در کوره بلند ـ پس از سنگ جوری وطبقه بندی مواد معدنی ، آنهائیکه نسبتاً درمحتوی فلزی غنی بوده با مقداری مواد گداز آورمخلوط کرده ودر کوره بلند واتر ژاکت با سوخت کافی (کاك بمقدار ۱۲٪ وزن بار) گداخته ومحصولی بشکل اشپایس بدست می آورند . بطوریکه گفته شد اشپایس یك ارسنور مصنوعی میباشد که از آرسنور کبالت ونیکل تشکیل شده وترکیب شیمیائی آن عینا شبیه به مات است جز اینکه در عوض گوگرد ، اشپایس محتوی ارسنیك میباشد وعناصر ترکیب کننده آن دراین گداز عبارتند از : کبالت ۲۰٪ ؛ نیکل ۱۲٪ ؛ آرسنیك ۲۳٪ ؛ آهن ۱۸٪ ؛ مس ۳٪ ؛ انتیموان ۱۰٪ ؛ نقره ۲۴/۵ کیلوگرام درتن

در گداز و استخراج مس از مواد اولیه گوگرد دار ، ذکر شد برای اینکه مات مس درگداز اولیه تشکیل شود ، باید دربار کوره مقدار معینی گوگرد موجود باشد و اگر نه مقدار زیادی مس به سرباره رفته وتلف میشود . در گداز مواد اولیه کبالت هم باید مقدار کافی ولازم آرسنیك موجود باشد ؛ تا اینکه اشپایس حاصل شود ؛ و اگر نه مقدار معتنابهی کبالت ونیکل بداخل سرباره رفته و بازیافت آنها مشکل خواهد بود .

از نقطه نظر فعل وانفعالات شیمیائی که درحین گداز وقوع میبابند : میل ترکیبی نیکل باآرسنیك دردرجه اول و بعد کبالت و دردرجه سوم آهن است ولی درمیل ترکیبی بااکسیژن ، آهن دردرجه اول ، کبالت دوم ونیکل سوم است ؛ ازاین لحاظ باید درجه گرمای کوره را کاملا دراختیارداشت تا بتوان مانع ازاکسیداسیون آهن بشود واگر نه تمام نیکل و کبالت تشکیل اشپایس نخواهند داد .

۲ـ تشویه اشپایس وکم کردن آرسنیک ـ محصول کوره بلند را در ماشینهای سنگ شکن خورد کرده وبعداً آسیا کرده تا بحالت گرد درآید . در این حالت مواد را به دستگاه تشویه فرستاده وتا گرمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد گرما داده تا اینکه قسمت معظم آرسنیك و انتیموان تبخیر و تصعید شده و در آنت هـای مخصوصی

تقطیر شوند .

معمولا تشویه را طوری عمل میکنند که مقدار آرسنیك لااقل به ۰.۹٪ As برسد اگر در اشیایش مقدار معتنابهی نقره موجود باشد ، پس از تشویه مواد را در محلول سیانورپتاسیم یاسدیم حل نموده و بوسیله آلومینیم رسوب داده و رسوب را با مواد گدازآور مناسب گداخته و نقره را بدست میآورند .

۳- سولفاته نمودن مواد تشویه شده - پس از جدا نمودن نقره، بقیه اشیایس تشویه شده را به مخازن آهنی که محتوی اسید سولفوریك غلیظ اند انتقال داده و آنقدرمخلوط کرده وبهم زده تااینکه مواد بصورت محلول صابون غلیظ یالجن درآیند اگرغلظت اسید ودرجه گرمای فعل وانفعالات کافی باشد ، اغلب عناصرفلزی موجود مانند مس - آهن - آرسنیك - انتی‌موان - نیکل و کبالت بصورت سولفات های قابل حل درآب در میآیند . بدین لحاظ مواد غلیظ شده وچسبنده را به مخازنیکه محتوی آب است انتقال داده که درآن املاح سولفات حل شوند و برای اینکه بقیه انتیموان وقسمت بیشترآرسنیک - آهن ونقره موجود ته نشین‌شوند ، لازم است قدری آهك اضافه شود . پس ازته نشستن مواد ، محلول را ازصافیهای میکانیکی عبورداده ومواد رسوب شده را خشك کرده ومجدداً در کوره بلند باموادِ اولیه میگدازند .

۴- برطرف نمودن مس و آهن - محلولیکه ازصافیها میگذرد، در حوضچه هائی با آهك مخلوط کرده تا آهن - آرسنیك و آرسنات آهن ($FeAsO^4$) رسوب نمایند . سپس مواد ته‌نشین شده را ازمحلول جدا نموده و به‌محلول صاف شده مقداری کربنات دوسود اضافه نموده تا اینکه مس بصورت کربنات مس رسوب کند . اگر در این مرحله نیکل ومقداری کبالت نیزرسوب کرد، میتوان این دو عنصر را بوسیله تبلور نمودن مس بصورت سولفات مس ویا رسوب دادن برروی آهن اسقاط جدا نمود .

۵ - رسوب دادن واحیاء اکسید کبالت - به محلول صاف شده دراین مرحله که عاری ازعناصری مانند ارسنیک - انتی‌موان - مس وآهن است مقداری هیپوکلوریت سدیم اضافه کرده تا اینکه کبالت بشکل $Co_2O_3 . 3H_2O$ رسوب کند و برای اینکه این عمل صورت گیرد و اکسید کبالت رسوب نماید لازم است مقدار درصد کبالت در

محلول بمراتب بیش از نیکل باشد والا نیکل باکبالت نیز پائین میآید . بالاخره اکسید کبالت را پس ازصاف نمودن وخشك کردن در کوره الکتریکی کوچکی گداخته و کبالت فلزی که درحدود ۹۹٪ Co خالص است بدست میآید .

کبالت فلزیرا معمولا بشکل میله‌هائی بقطر ۲ سانتی متر و یا بشکل ساچمه و حب ویا صفحه ریخته وبفروش میرسانند ولی کبالتیکه در صنایع فخار و چینی سازی بکار میرود بیشتر بحالت اکسید کبالت بوده ودربشکه بفروش میرسد .

کبالت فلزی به خلوص ۹۷٪ بوده و ناخالصیهای آن عبارتند ازنیکل-کربن - آهن مس - سیلیسم ومانگانیز که هریك ازآنها نباید بیش از ۰/۵٪ باشد . اکسید کبالت را در دو نمره : ۱ - محتوی ۷۵٪ CoO_2 و ۲ - محتوی ۷۰٪ اکسید است بفروش می رسانند .

موارد استعمال کبالت - کبالت فلزی به تنهائی وخالص مورد استعمال صنعتی ندارد ولی کبالت باکروم و نیکل وآهن همبسته هـای مفیدی تشکیل داده که دارای خواص متمایزی میباشند همبسته کبالت باکروم که معروف به استیلیت (Stellite) است بهترین فلزیست کـه از آن ابزارهای تند برش جهت سوراخ کردن و کندن فلزات دیگر میسازند . فلز نامبرده درحرارت های زیاد سختی و استقامت خود را از دست نداده وزنگ ناپذیراست . استلیت را به ترکیب های مختلف که محتوی ۵۰ - ۹۰٪ کبالت و ۱۰ - ۳۵٪ کروم میباشد میسازند . یك نوع آن دارای این ترکیب میباشد کبالت ۵۹/۵٪؛ کروم ۱۰/۷۷٪؛ آهن ۳/۱۱٪ ؛ مانگانیز ۲۰۴٪ ؛ سیلیسم ۰/۷۷٪؛ کربن ۰/۸۷٪؛ ملیبدنم ۲۲/۵٪ ؛ معمولا استلیت را بقطعات پولادی جوش میدهند .

همبسته کبالت باآهن بهترین آهن رباهای دائمی را تشکیل داده وانواع مختلف آنها عبارتنداز :همبسته Fe - Ni - Al - Co محتوی ۲۴ - ۳۰٪ نیکل ۹ - ۱۳٪ آلومینم ۵ - ۱۰٪ کبالت وبقیه آهن

همبسته Fe - Ni - Co - Ti محتوی ۱۰ - ۲۵٪ نیکل ۱۵ - ۳۰٪ کبالت ۸ - ۲۵٪ تیتانیوم وبقیه آهن

همبسته Fe - Co - Mo محتوی۱۲٪ کبالت؛۱۶٪ Mo ز ۷۲٪ آهن میباشد و یك نوع دیگر آهن ربای دائم که اخیراً ساخته شده و زیاد معمول گردیده و باسم آلنیکو (Alnico) معروف است محتوی ۲۰٪ نیکل ؛ ۵٪ کبالت ؛ ۱۲٪ آلومینیم و۶۳٪ آهن است .

اکسید کبالت CoO_2 درصنایع فخار وکاشی وچینی سازی و در رنگ های مختلف صنعتی ودرلعاب گیری اجسام فلزی زیاد بکارمیرود . همچنین در شیشه وبلور سازی زیاد استعمال میشود .

کبالت ایران

در سنگهای آرسنورنیکل (NiAs) و($NiAs_2$)موسوم به Kupfernickel و Cloanthite وسولفور نیکل (NiS) موسوم Millerite که ازمعادن گوده مرادو چشمه کریم در۴۵ کیلومتری شمال غربی و ازمعدن چاه شور در۱۷ کیلومتری شمال انارك استخراج میشوند مقداری کبالت موجوداست ولی کبالت محتوی بداخل اشپایس نیکل که از گداز اولیه این مواد حاصل میشود رفته و همچنان در آن باقی میماند گفته شده است چند نمونه های کبالت داری مانند کبالتیت از اطراف قمصر کاشان بدست آمده ولی اطلاعاتیکه در باره وجود این فلزدر دست است ناقص و بسیار مقدماتی میباشد.

فصل سی ام

واناديوم تانگستن ملبدنم يورانيوم

واناديوم (وزن اتمی ۵۰/۹۵)

طرز بوجود آمدن ـ در طبیعت هیچگاه و انادیوم بطور آزاد یافت نمیشود و اگرچه سنگهای معدنی آن در بسیاری از نقاط مختلف زمین بشکل نـامرتبی کشف کشف گردیده‌ولی درهیچ نقطهٔ مقدار آن زیاد وفوق‌العاده نبوده است ۰

سنگهای معدنی مهم آن عبارتند از : Roscoelite و Carnotite و Vanadinite Patronite Mottriamite

در برخی ازسنگهای معدنی آهن وگاهی درخاکستر زغال قهوه Lignite این عنصر دیده میشود ۰

پاترونیت (Patronite) یاسولفورناخالص‌وانادیوم‌درکشورپرو Peru اکتشاف شده است ۰ فورمول شیمیائی تقریبی آن (V_2S_9) و تـا اندازهٔ‌بامواد زغالی وپیریت وگوگرد مخلوط‌میباشد ۰ رنگ آن‌سبز؛ مایل بسیاهی‌ودرحدود ۱۲ ـ ۲۴٪ اکسید وانادیوم و ۵۰٪ گوگرد دارد ۰

روسکوالیت(Roscoelite)ـسیلیکات‌مختلط‌وانادیوم‌وبسیاری ازفلزات‌دیگر بوده‌وفورمول شیمیائی آن $H_2K_2(Mg,Fe)(Al,V)_4(SiO_3)_{12}$ میباشد. درطبیعت بشکل فلس های ریزو کوچك برنگ سبزقهوهٔ درخاك منتشراست ، فعلا این‌مـاده در ایالت کولورادو،درایالات متحده امریکا بمقادیر زیاداستخراج میگردد ۰

کارنوتیت (Carnotite) ـ اهمیت‌این‌ماده‌بیشتر ازنقطه‌نظر محتویات‌رادیوم واورانیوم بوده ولی چون محتوی ۳ ـ ۵٪ اکسید وانادیوم‌میباشد لذا آنرا جزءمواد اولیه این عنصر محسوب میدارند.این ماده‌معدنی در ایالت کولورادو وبمقادیر کمتری در پرتقال ودر استرالیا کشف گردیده است ۰ فورمول تقریبی آن عبـارت است

$K_2O2UO_3 . V_2O_5.3H_2O$ بوده و بلورهای زرد رنگی دارد .

واناندینیت (Vanadinite) یا وانادات و کلورور سرب در بسیاری از نقاط اتازونی و در مکزیك و اسپانیا یافت میشود و بلورهای قرمز ونارنجی رنگی دارد . فورمول تقریبی آن $3Pb_3 . V_2O_5 . PbCl_2$ میباشد .

اصول استخراج

طرق استخراج این فلز از مواد معدنی آن برحسب نوع و جنس مواد اولیه تغییر میکنند و کم و بیش برای هر نوع اصول معینی پی‌روی میشود . مثلا اگر مواد معدنی از سنگ (Patronite) باشد ابتداء پس از شستن و پرعیار نمودن ، آنرا تشویه نموده که گوگرد آن کم شود . سپس دراسیدسولفوریك حل کرده تا ناخالصیهای موجود در آن حل شده وسپس صاف کرده ، تبخیر نموده و پس از تبخیر اکسید و انادیوم حاصل میشود، یا ممکن است پس از بین بردن گوگرد با عمل تشویه مواد تشویه شده را با مقداری مواد قلیائی مخلوط کرده و وانادیوم حل‌شده را بشکل وانادیت سدیم یا وانادات سدیم بدست آورده و بعداً باحل کردن آن در اسید سولفوریك ، اکسید و انادیوم V_2O_5 نتیجه شود .

اگر ماده معدنی Roscoelite باشد ، ابتداء آنرا بامقداری نمك طعام و پیریت نرم شده مخلوط کرده و پس ازخشك کردن دریك کوره تشویه مدت سه ساعت تشویه میکنند ؛ بعداً مواد تشویه شده را درمخزنیکه محتوی آب است ریخته وصاف میکنند. زیرا وانادیوم بشکل وانادات سدیم درآب حل میشود . باین محلول مقداری سولفات آهن اضافه نموده و در نتیجه و انادات آهن رسوب میکند . اما اگر ماده معدنی (Carnotite) باشد، چون در این سنگ مقدار معتنابهی فلزات رادیوم و اورانیوم موجود است ، لذا طریقه ، استخراج را طوری وضع کرده اند که حتی‌المقدور رادیوم آن گرفته شده و بعدا اورانیوم و وانادیوم بدست آیند . مراحل مختلفه عمل عبارتند از :

۱ ـ شستن با اسید ـ ۲ اضافه نمودن کربنات دوسود محلول ـ ۳ ـ جوشاندن و گداختن بوسیله بیسولفات‌دوسود ـ ٤ ـ ذوب و استخراج .

وانادیوم فلزی ـ وانادیوم را میتوان بوسیله الکترولیز وانادات کلسیم در محلول

تری اکسید و انادایوم آزاد نمود . معمولا کلرور وانادایوم را در ئیدرژن بطریقه الومینوتری احیاء نموده ووانادیوم بصورت گرد بدست میآید وانادیوم فلزی از پولاد و حتی ازکوارتز سخت‌تر است . بخوبی صیقل گرفته و هوا و رطوبت درآن تأثیری ندارند. اگر وانادیوم را دفعتا روی شعلهٔ پرتاب کنند ویادرمجاورت اکسیژن گرمادهند فوراً آتش گرفته وباشعله نورانی میسوزد .

فروو انادیوم ـ چون مورد استعمال این عنصر کم یاب بیش‌ازهر چیزدرساختن پولاد های ویژه میباشد . از این جهت وانادیومی که‌در کارخانجات پولاد سازی بکار میرود همیشه بصورت همبسته فروواناد‌یوم Ferrovanadium میباشد . سابقاً متجاوز از ۷۵٪ محصول دنیا را در ایالات متحده امریکا در کوره های شعلهٔ زیمنس مارتن یادربوته بطریقه الومینوتری میساختند و ۲۵٪ بقیه‌را درکوره‌های الکتریکی باماده احیاء کننده سیلیسیم ۹۰٪ بدست میآوردند . فعلا فروو انادیوم را در کوره‌های الکتریکی با احیاء نمودن بوسیله زغال میسازند و ترکیبی کـه حاصل میشود محتوی ۳۰ ـ ۴۰٪ وانادیوم ؛ ۵/۰ ٪ سیلیسیم ؛ ۲/۰٪ گوگرد و ۱۰/۰ فسفر است درنتیجه‌اضافه نمودن‌این عنصر به‌پولادخواص‌ارتجاعی آنرابدون کم کردن‌خواص‌تورق و مفتول شدن زیاد میکند و این پولاد را بیش از هرچیز بمصرف ساختن ابزار های «تندبر» ودر قطعات اتوموبیل‌والکوموتیوومته وچکش‌های حفاری بکار میبرند .

املاح وانادیوم را درصنایع سفالی ـ کاشی و چینی سازی و لعاب دادن و در صنایع شیمیائی بشکل کاتالیزور V_2O_5 درساختن آمونیاك مصنوعی واکسیداسیون SO_2 بمنظور تولید اسیدسولفوریك بکار میبرند .

تانگستن

وزن اتمی - ۱۸۳٫۹۲

سنگهای معدنی تانگستن عبارتند از . ۱ - اکسید طبیعی آن بفورمول (WO_3) ۲ - ولفرامیت (Wulframite) بفورمول $(Fe'Mn)(WO_4)_2$ ۳ - هنوبنریت (Aubnerite) بفورمول $MnWO_4$ ۴- فربریت (Ferberite) بفورمول $(Fe'MO_4)$ و ۵ - شیلیت (Scheelite) بفورمول ($CaWO_4$) که بشکل رگه درسنگهای محاط به توده های گرانیت بهمراهی فلزات دیگر منجمله قلع بوجود آمده اند . مهمترین ممالك تولید کننده عبارتند از کشور چین در درجه اول ؛ ایالات متحده امریکا در درجه دوم ؛ سپس بولیوی - انگلستان - پرتقال وشبه جزیزه مالزی در درجه سوم میآید .

موادمعدنیرا پس ازاستخراج تحت عملیات تهیه وآرایش قرارداده تاقسمت مواد خاکی وکم ارزش آنها گرفته شده و سنك پر عیاری که محتوی ۶۰ - ۷۰٪ (WO_3) باشد بدست آید. محصول سالیانه دنیا درسال ۱۹۳۶ در حدود ۳۱۰۰۰ تن بوده و البته در زمان جنك بمراتب بیش ازاین مقدار بوده است .

خواص عمومی تانگستن - خواص این عنصر از جهاتی منحصر بفرد بوده وازخصوصیات آن بشمارمیرود . تانگستن بالاترین درجه گداز وقلیان را در بین سایر عناصر دارد . درجه گداز آن ۳۳۷۰ سانتیگراد ودرجه قلیان آن در ۳۷۰۰ سانتی گراد تعیین شده است . هرگاه بطرز مناسب وخوبی عمل شود و روی آن چکش کاری شود، تانگستن خاصیت مفتول شدن را بدرجه اعلا نشان میدهد وهرقدر باریکتر ونازك تر باشد براستحکام ونیروی درونی آن افزوده میگردد بقسمیکه یك سیم تانگستن بقطر ۰٫۳۵٪ میلیمتر دارای نیروی کشش ۴۱۳۰۰ کیلوگرام درسانتیمترمربع میباشد، و تاکنون هیچ فلزی این اندازه نیرو ازخود نشان نداده است ومیتوان گفت که تانگستن یك عنصر فلزی است که خواص مفتول شدن واستحکام را توأماً و باهم بیش از هر فلز دیگری دارا بوده وازخود نشان میدهد. دیگر

اینکه اگر دانه بلورهای تانگستن همگن ومتساوی‌المحوّر باشند ، دراین حالت خیلی شکننده است ولی اگر دانه های آن بصورت الیاف و کشیده باشند،تانگستن بسیار نرم بوده‌و کشیده میشود . ازاین حیث عیناً بعکس بسیاری از فلزات میباشد .

تانگستن یکی از سنگین ترین فلزات بوده و وزن مخصوص آن ۱۹/۳ میباشد واین خاصیت درمفهوم اسم آن که بمعنی سنگ سنگین وزن است مستتر میباشد .

اصول استخراج

اولین مرحله دراستخراج این عنصر از مواد اولیه و معدنی پرعیار نمودن آنها است که در نتیجه،اکسید تانگستن ۶۰ـ۷۰٪ (WO_3) بدست‌میآید . موادمعدنی‌رابا مقداری کربنات دوسود درکوره تشویه گداخته که تانگستات دوسود (Na_2WO_4) ترکیب شود . این ملح درآب کاملا قابل حل است . آنگاه آنرا درآب ریخته و بآن مقداری‌اسید اضافه نموده تا (WO_3) بصورت رسوب زردرنگی ته نشین شود . پس‌از آنکه‌کلیه اکسید تانگستن ته نشین شد ، آنرا ازصافیهای میکانیکی عبورداده ومواد رسوب شده را مجدداً درآمونیاك حل‌کرده و برای دفعه دوم رسوب میکنند تااینکه بالاخره‌اکسیدخالص (WO_3) نتیجه‌شود بعداً تانگستن‌فلزیرا ازاحیاءنمودن (WO_3) بوسیله زغال با ئیدرژن بدست میاورند . احیاء نمودن (WO_3) محصولی میدهد که محتوی ۹۸٪ (W) بوده ولی اگر این عنصر بشکل صد درصد خالص مورد نیاز باشد اکسید تانگستن را باید باگاز هیدروژن احیاء نمایند .

محصول این عملیات بصورت‌گرد خواهد بود و برای اینکه تانگستن گرد را بشکل فلز‌وجسم‌صلب‌وسختی در آورندباید‌بعملیات‌زیرمتوسل شدزیرا درجه گداز آن بسیارزیادیعنی ۳۳۷۰درجه‌سانتیگرادمیباشد. گردتانگستن‌رامیتوان‌درقالب‌باکمی‌فشار بشکل میله درآورد وآنرا درگرمای ۱۲۰۰ـ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد در جریان‌گاز ئیدروژن‌قرارداد .سپس میله‌رابه دوالکترود که نیزدرگاز ئیدروژن‌فرورفته اندمتصل نموده ویك جریان‌قوی‌ازدرون‌آنهاعبورداد .این نیروی‌الکتریکی‌باید گرمای‌زیادی که برابر ۳۲۰۰ـ۳۳۰۰درجه سانتیگراداست تولیدنمایدودراین گرما‌میله‌را مدت ۱۰ـ۱۵ دقیقه نگاه داشت تا اینکه ذرات آن کاملا بهم بچسبند ومثل اینکه گداخته شده اند .

البته‌میله تانگستن دراینحالت بسیارشکننده‌بوده و به تردی شیشه میباشد .

مرحله دوم عملیات میکانیکی است که بوسیله آن باید بلورهای متشکله و متساوی‌المحور آنرا تبدیل به بلورهای الیافی نمود ، تا اینکه خواص مفتول شدن را بخود بگیرد . این عمل را ممکن است بوسیله نوردکردن سریع و یا چکش‌کاری بسیار سریع انجام داد . میله تانگستن را قدری حرارت داده و روی سندان چکش میکانیکی قرار داده و با ضربات چندین هزار مرتبه در یك دقیقه آنرا چکش‌کاری مینمایند ، تادر نتیجه‌از قطران‌کم شده و بطول آن افزوده گردد . درآغازعمل درجه گرمای شمش تانگستن باید درحدود ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد باشد . ولی‌هرقدرازقطر شمش‌کم شودوبطول آن افزوده گردد میتوان از درجه وشدت‌گرمای لازمه کاست .

برای تبدیل میله تانگستن‌به مفتول‌وسیم ،ابتداءآنرا گرم‌کرده‌وازدرون حدیده های‌الماس داری درسرعت‌زیاد عبورمیدهند

تانگستن فلزی از احیاء نمودن‌تری اکسیدان (WO_3) بوسیله کربن یا روی صورت میگیرد . بجای روی میتوان مواد احیاء کنندهٔ از قبیل آلومینیم یا مانیزیم نیزبکار برد . عمل‌احیاءدر بوته های‌پولادین سربسته‌یادرلوله های پولادی‌انجام‌میشود وگرمای لازم‌برای‌احیاءآن باکربن بین ۹۵۰ـ۱۰۵۰ درجه سانتیگراداست . مخلوطی ازاکسید تانگستن و کربن به نسبت ۱۰ـ۱ یا ۱۰ـ۱/۵ ساخته و آنرا در بوته پولادی گرما داده و تانگستن فلزی بدست میاید که محتوی ۹۸٪ (W) میباشد .

موارد استعمال تانگستن ـ تقریباً ۹۰٪ محصول سالیانه این فلز بصورت فروتانگستن Ferrotungsten درپولاد سازی برای ساختن پولادهای ویژه‌که از آنها ابزار ووسایل تند تراش‌که حتی درگرمای ۵۰۰ـ۷۰۰ درجه سانتیگراد سختی واستقامت خود را از دست نمیدهد بمصرف میرسانند . این نوع پولاد بین ۱۴ـ۲۵٪ تانگستن باضافه مقداری ازعناصردیگر از قبیل واناديوم ،کروم ،کبالت و نیکل دارد ولی پولادیکه ازآن آهن رباهای دائم‌رامیسازنددرحدود ۵٪ (W) دارد .

در آغاز اکتشاف این عنصر، نمیدانستندکه با چه وسائل و تدابیری میتوان خاصیت مفتول شدن را درآن ایجاد نمود واز تانگستن سیم و مفتول ساخت . این حقیقت در

سال ۱۹۰۸ مکشوف شد و از آن تاریخ ببعد استعمال تانگستن بشکل سیم نازك در لامپهای چراغ برق ورادیو وغیره بسیار متداول گشت بقسمی که امروز ۱۰٪ محصول سالیانه بمصرف اینگونه اسبابها و وسایل میرسد

گفته شده است که با یك تن اکسید تانگستن (WO_3) میتوان ۱۸ملیون لامپ الکتریکی ساخت وروز بروز موارد استعمال این فلز و هسته‌های آن درصنایع الکتریسته ورادیو زیاد میشود .

ملبدنم

وزن اتمی ۹۵٫۹۵

طرز پیدایش ـ مهمترین مواد اولیه ملبدنم عبارتند از ۱ـ ملبدنیت Molibdenite بفورمول (MoS_2) ۲ـ وافنیت Wulfnite بفورمول $PbMoO_4$ ۳ـ ملبدیت Molibdite بفورمول $Fe_2O_3.3MoO_3.)\frac{1}{2}H_2O$ ٤ ـ ایزلمانت Islemanite بفورمول $MoO_3.SO_3.5H_2O_2$ ۵ ـ و بلونزیت Belonesite بفورمول $(MgMoO_4)$ و ٦ ـ پاولیت Powellite بفورمول $(CaMoO_4)$ میباشند که کمتر یافت شده ومورد استفاده قرار میگیرند. کشور های تولید کننده عبارتند از ایالات متحده امریکا ـ کنادا ـ استرالیا ونروژ .

اصول استخراج

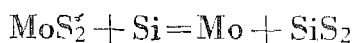
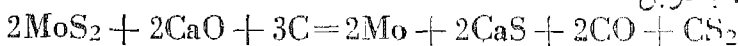
نظر باینکه ملبدنم بیشتر بشکل فروملبدنم Ferromolybdenum درصنایع پولاد سازی بکار میرود لذا این همبسته را مستقیماً از مواد معدنی ملبدنم که تهیه و آرایش وپرعیار شده اند بدست میآورند . ازاین جهت مواد تهیه شده را ابتداء تشویه نموده که سوافور تبدیل باکسید شود وسپس باآمونیاك مخلوط کرده که ملبدات آمونیاك حاصل شود . دراثر گرما آمونیاك تصفیه شده و اکسید ملبدنم بدست میاید . اکسید ملبدنم راباگرد آلومینیم احیاء میکنند وملبدنم فلزی بدست میاید.

ملبدنم فلزی خاصیت چکش خواری دارد وسختی آن کمتر از شیشه است . وزن مخصوص آن ۹ و در ۲۵۵۰ درجه سانتیگراد گداخته شده و در ۳۳۵۰ درجه بقلیان درمیاید .

فروملبدنم ـ فروملبدنم را ازملبدنیت (MoO_3) با اضافه نمودن ملبدات کلسیم با زغال یا سیلیسیم فلزی احیاء میکنند.فعل و انفعالات شیمیائی که صورت میگیرد عبارت اند از :احیاء باکربن

$$2MoS_2 + 2CaO + 3C = 2Mo + 2CaS + 2CO + CS_2$$

احیاءباسیلیسم

$$MoS_2 + Si = Mo + SiS_2$$

موارد استعمال ـ مهمترین موارد استعمال این عنصر کم یاب در پولاد سازی است ؛ زیرا اضافه نمودن ملبدنم به پولاد،خواص ارتجاعی آنرا بدون کاستن خواص دیگر مخصوصاً خاصیت تورق ومفتول شدن را زیاد میکند و درا غلب اوقات وبویژه موقعیکه پولادهای تندتراش را میسازند بجای تانگستن که گران و کم‌یاب است ملبدنم بکارمیرود .

ازموارد استعمال دیگر ملبدنم دردواجات شیمیائی ازقبیل مولبدات آمونیاك و درصنایع رنگ ولعاب سازی کاشی وچینی‌سازی است ؛ ایضا در رنگ کردن ابریشم ، چرم ولاستیك زیاد مورد استفاده قرارمیگیرد .

یورانیوم

وزن اتمی ۲۳۸٫۰۸

یورانیوم فلزیست سفید رنگ بوزن مخصوص ۱۸/۷ که در ۲۰۵۰ درجه سانتیگراد تقریباً گداخته میشود ودر ۳۱۰۰ درجه بجوش میآید .

مواد اولیه وسنهای معدنی آن عبارتند از : ۱ ـ پیچ بلند (Pitch Blende) بفورمول U_3O_4 . ۲ـ کارنوتیت (Carnotite) که مهمترین سنگ معدنی رادیوم است ومحتوی یورانیوم و واناديوم نیز میباشد . ۳ ـ اتونیت (Autonite) بفورمول تقریبی $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 . 8H_2O$ ٤ ـ توربرنیت Torbern ite بفورمول $Cu(UO_2)_2 . P_2O_8 . 8H_2O$

اصول استخراج

درکلیه مواد اولیه یورانیوم نسبت بمحتویات این عنصر رادیوم نیز موجود است مخصوصاً درمواد اولیه که یورانیوم عنصر اصلی باشد . کلیه مواد اولیه یورانیوم را تاقبل ازانفجار نیروی اتم واختراع بمب اتمیك برای استخراج رادیوم بکارمیبردند و کمتر یورانیوم آنرا استخراج میکردند ولی امروز عکس قضیه صدق میکند زیرا اهمیت یورانیوم بمراتب بیش ازرادیوم شده است . نظر باینکه مقدار این عناصر درمواد معدنی آنها بسیار کم وناچیز است ، لذا آنها را باید باوسایل آرایش وتهیه پرعیار نمود و بشکل کنسانتره در آورد : سپس با چند برابر وزن آنها کربنات دوسود مخلوط کرد ودر بوته یا کوره شعلهٔ گرما داد تا گداخته شوند . بعداً مواد گداخته را در آب حل نموده وصاف میکنند .

یورانیوم بصورت ملح مضاعف کربنات سدیم ویورانیوم در محلول میماند . حال باین محلول مقداری سود محرق اضافه کرده و گرما میدهند تاکلیه محلول بقلیان در آید ودر نتیجه رسوب اورانات سدیوم $Na_2U_2O_7$ ته نشین شود .

پس ازصاف وخشك کردن، این ملح را با نمك طعام و کربن میگدازند و محصول گداخته را بازدر آب حل نموده تاکلیه املاح دیگر حل شده واکسید UO_2 رسوب کند .

فرویورانیوم (Ferrouranium) را در کورههای الکتریکی میسازند و همبسته حاصله را در پولاد سازی استعمال میکنند .

موارد استعمال اورانیوم - بغیر از استعمال آن در پولاد، یورانیوم را برای رنگ کردن در شیشه سازی بکار میبرند و در این صنعت بیشتر ملح اورانات سدیم $Na_2U_2O_7$ را مورد استفاده قرار میدهند .

برای رنگ زرد وقرمز درصنایع چینی سازی و همچنین درحساس نمودن کاغذ های عکاسی از آن استفاده میشود فعلا مورد استعمال مهم آن در ساختن بمب‌های اتمی ودرانفجاراتم واستفاده از نیروی اتمی میباشد

معادن مهم یورانیوم در کشور های ایالات متحده امریکا و در کنگوی بلژیک و درجزیره مادگاسکار ودر چکسلواکی و پرتقال می باشند .

پایان

صورت مأخذ های مهم

1 – Handbook of metallurgy

By Lidell

2 – Metallurgy of Iron and Steel

By Boylston

3 – Practical Steelmaking

By Walter Lister

4 – Engineering Metallurgy

By B. Stoughton and A. Butts

5 – Fuel and Refractory Materials

By Sexton and Davidson

6 – Principles of Metallurgy

By John L. Bray

صفحه	سطر	غلط	صحیح
٥٥٤	١١	مراحله	مراحل
٥٩٦	٤٢	Ga()Cl	CaOCl
٦٠٨	٨	Ng_2S	Ag_2S
»	١٠	FeO_3	Fe_2O_3
٦٢١	٢	ازمنه	از ازمنه
٦٢٢	٢٣	AS_2O_3	As_2O_3
٦٤٨	٥	مشقات	مشتقات
٦٤٩	٢٣	بهره برادری	بهره برداری
٦٥١	٦	زالونیت	الونیت
٦٥٥	٢١	میشوید	میشوند
٦٦٨	شکل	٣٢٦	٢٢٦
٦٦٩		Pyrolosltu	Pyrolusite
٦٧٢	٦	Crcoisite	Crocoisite
٦٧٥	٢٥	FC.2Cr	FeC.2Cr
٦٧٨	١٧	$Cr_2(SO)$	$Cr_2(SO4)_3$
٦٨٥	١٤	زا	از
٦٩٧	٣	درزورسی	در رودسی

حماسه سرائی در ایران	تالیف دکتر ذبیح‌الله صفا
وراثت (زیست‌شناسی ۱)	« « عزت‌الله خبیری
آراء فلاسفه دربارهٔ عادت	ترجمهٔ « برزو سپهری
کالبدشناسی هنری	تألیف « نعمت‌الله کیهانی
موسیقی ساسانی	« مهدی برکشلی
اساس‌الاقتباس خواجه نصیرطوسی	بتصحیح مدرس رضوی
تاریخ بیهقی (۲)	« سعید نفیسی
بیماریهای دندان	تألیف دکتر محمود سیاسی
بهداشت و بازرسی خوراکیها	« « سرهنگ شمس
مزدیسنا و تأثیر آن درادبیات پارسی	« « محمد معین
نقشه برداری (۲)	« مهندس حسن شمسی
گیاه شناسی	« حسین گل‌گلاب
تاریخ دیپلوماسی عمومی	« دکتر حسن ستوده تهرانی
.وش تجزیه	« « علی اکبر پریمن
بدایع‌الازمان فی وقایع کرمان	فراهم آورده دکتر مهدی بیانی
ضوق اساسی	تألیف دکتر قاسم زاده
.رختان جنگلی ایران	« مهندس حبیب‌الله ثابتی
قررات دانشگاه	—
.اهنمای دانشگاه	—
نه و تجارت	تألیف زین‌العابدین ذوالمجدین
نماسه ملی ایران	ترجمهٔ بزرگ علوی
صول گداز واستخراج فلزات (۱و۲و۳)	تألیف دکتر یگانه حائری
یست‌شناسی (۲) بحث در نظریه لامارک	« « عزت‌الله خبیری
ندسهٔ تحلیلی	« « علینقی وحدتی
نگل شناسی (۱)	« مهندس کریم ساعی
.یولژی گیاهی (۱)	« دکتر اسمعیل زاهدی
.ارش سفر هند	« « غلامحسین صدیقی
.ر و آنالیز	« « محمدعلی مجتهدی
قیق انتقادی در عروض فارسی	« « پرویز ناتل خانلری
ژه نامه طبری	« دکتر صادق کیا
یخ صنایع	« [illegible]
ول آموزش و پرورش	« دکتر محمدباقر هوشیار

برنامهای دیگر

A Strain Theory of Matter — Dr. M. Hessabi

Les Espaces Normaux — Dr. M. [illegible]

University Handbook

[illegible]